



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA**



**SIMONY MARQUES DA SILVA GANDINE**

**RISCO DE LIXIVIAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM ECOSISTEMA TROPICAL  
PERTENCENTE À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAUNILHA, ESPÍRITO  
SANTO, BRASIL**

**ALEGRE – ES**

**2019**

**SIMONY MARQUES DA SILVA GANDINE**

**RISCO DE LIXIVIAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM ECOSSISTEMA TROPICAL  
PERTENCENTE À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAUNILHA, ESPÍRITO  
SANTO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agroquímica na Área de concentração Química Ambiental.

Orientador: Prof. D.Sc. Fábio Ribeiro Pires  
Coorientadores: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos Santos  
Prof. D.Sc. Vagner Tebaldi de Queiroz

**ALEGRE – ES**

**2019**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

G195r Gandine, Simony Marques da Silva, 1981-  
Risco de lixiviação de agroquímicos em ecossistema tropical  
pertencente a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito  
Santo-Brasil / Simony Marques da Silva Gandine. - 2019.  
89 f. : il.

Orientador: Prof. D. Sc. Fábio Ribeiro Pires.

Coorientadores: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Gleissy Mary Amaral Dino  
Alves dos Santos, Prof. D. Sc. Vagner Tebaldi de Queiroz.

Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e  
da Saúde.

1. Agroquímica. 2. Geotecnologias. 3. Indicadores  
Ambientais. I. Pires, Prof. D. Sc. Fábio Ribeiro. II. Santos,  
Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos. III. Queiroz,  
Prof. D. Sc. Vagner Tebaldi de. IV. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde.  
V. Título.

CDU: 631.41

---

SIMONY MARQUES DA SILVA GANDINE

**RISCO DE LIXIVIAÇÃO DE AGROQUÍMICOS EM ECOSSISTEMA TROPICAL  
PERTENCENTE À SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAUNILHA, ESPÍRITO  
SANTO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agroquímica, linha de pesquisa em Química Ambiental.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2019

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

Prof. D.Sc. Fábio Ribeiro Pires  
Universidade Federal do Espírito Santo – CEUNES  
Orientador



---

Profª. D.Sc. Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos Santos  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientadora



---

Prof. D.Sc. Vagner Tebaldi de Queiroz  
Universidade Federal do Espírito Santo – CCENS  
Coorientador



---

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES – CCAE - UFES  
Departamento de Engenharia Rural da UFES – ERU-UFES

Dedico esta dissertação à minha amada filha  
Emilly, motivo pelo qual encontro forças para  
superar cada obstáculo que encontro pelo  
caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus por me manter confiante mesmo em meio a tantas adversidades que surgiram pelo caminho.

A Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre e o Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, pelo espaço promotor do aprendizado e disponibilidade de recursos no incentivo ao saber científico.

A minha amada filha Emilly, por compreender minha ausência, quando esta se fez necessária.

À minha família, pela confiança, estímulo e apoio, para que eu não desanimasse e conseguisse continuar neste caminho, de dificuldades e realizações, em especial minha mãe que muitas vezes se privou de suas obrigações para zelar pela minha filha enquanto eu não podia estar presente.

Ao Prof. D. Sc. Alexandre Rosa dos Santos por sua dedicação, apoio, incentivo, orientação e ensinamento, me fazendo acreditar cada dia mais em minha capacidade.

Aos meus Coorientadores Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos Santos e Prof. D. Sc. Vagner Tebaldi de Queiroz, por todo auxílio prestado e tempo concedido.

Ao meu orientador Prof. D. Sc. Fábio Ribeiro Pires, pela orientação e disponibilidade.

Aos membros do laboratório de Geotechnology Applied to Global Environment – GAGEN, pela acolhida, amizade e conhecimento compartilhado.

Aos colegas Rosane, Kaise, Rita, Gizely, Samuel, José Romário, Viviane e Taís (de forma especial), pela paciência com minhas limitações, pelo companheirismo nos momentos de felicidade e desespero, tornando o nosso local de trabalho mais alegre e descontraído e por toda ajuda prestada para realização deste projeto.

E ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP), pela disponibilização de recurso.

Ao CNPq pela bolsa concedida durante o período de Pós-Graduação.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

Aqueles que não foram citados, mas que contribuíram de forma direta e indireta para a realização desse trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,  
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou  
o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou  
o que era antes”.

(Marthin Luther King)

## RESUMO

GANDINE, SIMONY MARQUES DA SILVA. **Risco de lixiviação de agroquímicos em ecossistema tropical pertencente à sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil**, 2019. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: Prof. D. Sc. Fábio Ribeiro Pires, Coorientadores: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos Santos, Prof. D. Sc. Vagner Tebaldi de Queiroz.

A importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é dada por suas qualidades específicas. Acredita-se, que são regiões com um ecossistema diversificado, vulneráveis à ação antrópica e susceptíveis ao mau uso dos agroquímicos, favorecendo à contaminação do solo, assim como do lençol freático. A avaliação do risco potencial de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos usados nos ambientes agricultáveis, surge como uma alternativa de conservação e manejo do solo e recursos hídricos. Neste contexto, objetivou-se avaliar o potencial da lixiviação de agroquímicos para a cultura do café, predominante no ecossistema tropical pertencente à sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. De acordo com a metodologia empregada foi avaliado o risco de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos empregando os métodos GUS, LIX e RF/AF, utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio do aplicativo computacional ArcGIS. Dentre os dez princípios ativos utilizados para a espacialização do fator de atenuação (AF), oito (2-4 D, clorpirifós, diuron, glifosato, paraquat, pendimetalina, tebuconazol e terbufós) apresentaram muito baixo potencial de lixiviação. Os demais princípios ativos, (sulfentrazone e tiametoxam) indicaram valores representativos para as categorias variando de muito baixo a muito alto potencial de lixiviação. O desenvolvimento do estudo permitiu concluir que os métodos de avaliação de risco de lixiviação dos agroquímicos (GUS, LIX e RF/AF) empregados neste estudo, fornecem subsídios em estudos de cunho ambiental, para antepor quais agroquímicos precisam receber maior atenção ao serem aplicados, sendo possível avaliar o risco de lixiviação de agroquímicos considerando a cultura predominante, bem como as características edafoclimáticas da sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, ES. Sendo as técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) uma ferramenta fundamental e de grande precisão para o desenvolvimento do estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agroquímica. Geotecnologias. Indicadores Ambientais.



## ABSTRACT

GANDINE, SIMONY MARQUES DA SILVA. **Risck of leaching of pesticides in a tropical ecosystem belonging to the sub-basin of the Baunilha river, Espírito Santo, Brazil, according to the new Brazilian Forest Code**. 2019. Dissertation. (Master in Agrochemistry) – Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. Adviser: Prof. D.Sc. Fábio Ribeiro Pires, Co-adviser: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos Santos, Prof. D.Sc. Vagner Tebaldi de Queiroz.

The importance of the river basin as a unit of planning and management is given by its specific qualities. It is believed that they are regions with a diversified ecosystem, vulnerable to anthropic action and susceptible to the misuse of agrochemicals, favoring the contamination of the soil, as well as of the groundwater. The evaluation of the potential risk of leaching of the active principles of agrochemicals used in agricultural environments appears as an alternative of conservation and management of soil and water resources. In this context, the objective was to evaluate the potential of leaching of agrochemicals for coffee cultivation, predominant in the tropical ecosystem belonging to the sub-basin of the Baunilha River, Espírito Santo, Brazil. According to the methodology employed, the risk of leaching of the active principles of agrochemicals using the GUS, LIX and RF / AF methods was evaluated using the Geographic Information System (GIS), through the ArcGIS computational application. Among the ten active principles used for the spatialization of the attenuation factor (PA), eight (2-4 D, chlorpyrifos, diuron, glyphosate, paraquat, pendimethalin, tebuconazole and terbufos) presented very low leaching potential. The other active principles (sulfentrazone and thiamethoxam) indicated representative values for the categories ranging from very low to very high leaching potential. The development of the study allowed us to conclude that the agrochemical leaching risk assessment methods (GUS, LIX and RF / AF) used in this study provide subsidies in environmental studies to anticipate which agrochemicals need to receive greater attention when applied, being possible to evaluate the risk of leaching of agrochemicals considering the predominant culture, as well as the soil and climatic characteristics of the watershed sub-basin of the Baunilha river, ES. Geographic Information Systems (GIS) techniques are a fundamental and highly accurate tool for the development of the study.

**KEY-WORDS:** Agrochemistry. Geotechnology. Environmental Indicators.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dinâmica dos agroquímicos no meio ambiente. ....	19
Figura 2. Sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	25
Figura 3. Caracterização edafoclimática da sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	26
Figura 4. Espacialização mensal da temperatura do ar (°C) para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	27
Figura 5. Espacialização mensal da precipitação pluviométrica (mm) para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	28
Figura 6. Espacialização mensal da deficiência hídrica (mm) para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	29
Figura 7. Caracterização altimétrica para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	30
Figura 8. Etapas metodológicas utilizadas para gerar os mapas de uso da terra, APP e confronto uso da terra x APP para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	34
Figura 9. Etapas metodológicas necessárias para a estimar o risco de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos empregando o método RF/AF para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	40
Figura 10. Uso e ocupação da terra da sub-bacia do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	42
Figura 11. Nascentes e cursos d'água da sub-bacia do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	44
Figura 12. APP da sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	46
Figura 13. Confronto do uso e ocupação da terra com as APP totais. ....	47
Figura 14. Fator de retardo (RF) dos agroquímicos avaliados para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	51
Figura 15. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo 2,4-D avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	53
Figura 16. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Clorpirifós avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	53
Figura 17. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Diuron avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	54

Figura 18. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Glifosato avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.	54
Figura 19. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Paraquat avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.	55
Figura 20. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Pendimetalina avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	55
Figura 21. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Tebuconazol avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	56
Figura 22. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Terbufós avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.	57
Figura 23. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Tiametoxam avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físico-químicas dos princípios ativos usados na cultura do café.....	35
Tabela 2. Categorias do método GUS. ....	36
Tabela 3. Categorias do método LIX. ....	36
Tabela 4. Propriedades físico-químicas dos tipos de solos da área de estudo. ....	38
Tabela 5. Categorias de potencial de adsorção para o fator de retardo (RF). ....	38
Tabela 6. Categorias de potencial de lixiviação para o fator de atenuação (AF). ....	39
Tabela 7. Quantificação das classes de uso e ocupação da terra. ....	42
Tabela 8. Quantificação das APP na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.....	45
Tabela 9. Classes de uso da terra nas áreas de APP na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil. ....	47
Tabela 10. Potencial risco de lixiviação de agroquímicos no solo, dos princípios ativos avaliados pelos métodos LIX e GUS. ....	49

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
3.1. BACIA HIDROGRÁFICA .....	12
3.2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP).....	13
3.4. AGROQUÍMICOS .....	17
3.4.1. Definição e classificação dos agroquímicos .....	17
3.4.2. Comportamento ambiental dos agroquímicos .....	18
3.4.3. Modelos utilizados na avaliação do risco de lixiviação de agroquímicos no ambiente .....	21
3.5. GEOPROCESSAMENTO E SUAS APLICAÇÕES .....	22
3.5.1. Sensoriamento Remoto .....	23
3.5.2. Sistemas de Informações Geográficas.....	23
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	25
4.2. MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA PARA A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAUNILHA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL.....	30
4.3. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) SOB A ÓTICA DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO .....	32
4.2.4 Determinação do potencial de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos utilizados para a cultura de café empregando os métodos RF/AF. ....	37
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
5.1. FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CATEGORIAS AMOSTRAIS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	42
5.2. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) SOB A ÓTICA DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO .....	44
5.3. POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ATIVOS DE AGROQUÍMICOS PARA A CULTURA DE CAFÉ EMPREGANDO OS MÉTODOS GUS E LIX PARA A SUB-BACIA DO RIO BAUNILHA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL .....	49
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas funcionam como um sistema complexo, dinâmico e aberto, considera aspectos de grande importância na busca por uma visão integradora da natureza, cujos estudos abrangem as alterações antrópicas que nela ocorrem e seus aspectos integradores, como o ecossistêmico ou das paisagens físico-geográficas. A importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é dada por suas qualidades específicas, entre elas a dinâmica funcional determinada pela troca de energia e matéria (VISIÓN, 2014; GUERRERO, 2007; PRIEGO *et al.*, 2004).

Um instrumento muito utilizado para planejamento e gestão ambiental em bacias, são os indicadores ambientais, que podem ser, entre outros: invasão de Áreas de Preservação Permanente (APP), processos erosivos e uso da terra. Estes são úteis na identificação e previsão de impactos ambientais e no monitoramento da qualidade ambiental, uma vez que podem identificar e quantificar um fenômeno ambientalmente relevante, possibilitando avaliar as condições ou alterações ambientais (SHEN *et al.*, 2016; SANCHÉS, 2013; HEINK, 2010).

Dentre os indicadores de uso da terra, temos os sistemas agrícolas de produção intensiva; estes, por sua vez, elevam a necessidade do uso de agroquímicos para o controle das pragas que atacam as lavouras e prejudicam as colheitas. Entretanto, a utilização não ponderada destes produtos pode afetar ainda a qualidade das águas superficiais e subterrâneas e, conseqüentemente, impactar todo ecossistema (SAITO *et al.*, 2016).

Os ecossistemas tropicais estão, portanto, vulneráveis aos riscos de contaminação pelo uso de agroquímicos, sendo necessário, para o manejo adequado, o desenvolvimento de métodos que visem diminuir tais riscos de contaminação.

Visando diminuir a contaminação de solos e águas por agroquímicos, tem sido realizado estudos com modelos capazes de estimar o risco de lixiviação desses compostos e assim melhor planejar sua utilização. São métodos simples, baseados nas propriedades físico-químicas do agrotóxico, ou métodos mais complexos como o RF/AF (Retardation and Attenuation Factor – Fator de Retardo e Atenuação), que além de se basear nas características físico-químicas do agrotóxico, também levam em conta as características do solo e condições edafoclimáticas da área de estudo (SANTOS, 2017; SANTOS *et al.*, 2016).

As bacias e sub-bacias hidrográficas são regiões com um ecossistema diversificado e vulneráveis à ação antrópica, ficando susceptíveis ao mal uso dos agroquímicos, os quais podem contaminar o solo e o lençol freático (VEIGA *et al.*, 2006), estes agroquímicos apresentam desempenhos bastante complexos e mutáveis, devido às mudanças ocorridas por meio de processos biológicos, químicos e físicos, os quais alteram as propriedades de seus princípios ativos. Essa alteração influencia no seu comportamento formando subprodutos de composição molecular e ação desconhecidos, ocasionando prejuízos e alterações significativas nos ecossistemas, com consequências irreversíveis a longo prazo (GAMA *et al.*, 2013).

O SIG (Sistemas de Informações Geográficas) é uma ferramenta multidisciplinar que pode auxiliar o monitoramento da lixiviação de agroquímicos por meio da criação de um banco de dados contendo informações georreferenciadas. O emprego dessas tecnologias tem sido útil por minimizar problemas de variação temporal e espacial de critérios relacionados com a lixiviação de agroquímicos em recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2016).

Neste contexto, visando o estabelecimento estratégico de mitigação e manejo, por meio do presente estudo multidisciplinar objetivou-se avaliar o potencial risco de lixiviação de agroquímicos para a cultura do café, predominante no ecossistema tropical da sub-bacia do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o potencial de lixiviação de agroquímicos em cultura predominante no ecossistema tropical pertencente à sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Mapear o uso e ocupação da terra;
- b) Mapear as Áreas de Preservação Permanente (APP) sob a ótica do novo código florestal brasileiro;
- c) Avaliar o Risco Potencial de Lixiviação dos Princípios Ativos de Agroquímicos (RPLPAA) para a principal cultura agrícola da área de estudo empregando o método RF/AF.



### 3. REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO

#### 3.1. BACIA HIDROGRÁFICA

Cada região hidrográfica é constituída por uma ou por um agrupamento de bacias ou sub-bacias delimitadas por divisores topográficos com atributos ambientais, sociais e econômicas similares. Todo curso d'água, por menor que seja, tem uma área de drenagem que captura a precipitação que incide sobre esta, direcionando-o para um leito principal de acordo com a geomorfologia e a topografia do terreno (SILVA, *et al.*, 2017).

Composta por um conjunto de superfícies vertentes formadas pela superfície do solo e cursos d'água, a bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de captação natural da água de precipitação da chuva que concentra os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório (FLINKLER, 2014).

As bacias hidrográficas formam redes que drenam a água por extensos segmentos e interagem diretamente com diversos elementos naturais existentes no espaço terrestre (GUERRA; CUNHA, 2012). Seus aspectos referentes à geologia, geomorfologia, relevo, tipo de solo e clima compreendem um conjunto de fatores que ao se relacionarem reproduzem uma dinâmica única.

Em função da sua extensão, o Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas, sendo elas: a Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Paraíba, Atlântico Nordeste Ocidental, São Francisco, Atlântico Leste, Paraguai, Paraná, Sudeste, Uruguai, Atlântico Sul. Essas regiões hidrográficas foram definidas pela Resolução nº 32 n, que servem para fundamentar, orientar, e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003). A Região Hidrográfica do Sudeste tem como principal característica social a elevada concentração populacional e presença de indústrias, tendo como principais rios o Paraíba do Sul e o Doce.

Neste sentido, estudos ambientais em bacia hidrográfica, tendo como objetivo o uso racional e a preservação dos recursos naturais, são fundamentais para o entendimento dos processos que ocorrem nessas unidades. O conhecimento das potencialidades e limitações de uso e ocupação passa, primeiramente, pelo levantamento de seus atributos físicos, tais como: relevo, geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação e hidrografia, por meio da análise da fragilidade potencial e ambiental (ROSS, 1994).

### 3.2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

O novo Código Florestal Brasileiro, no inciso II do artigo 3º da Lei nº12.651 de 2012, conceitua as Áreas de Preservação Permanente (APP):

(...) área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

Por meio da legislação ambiental brasileira busca-se resguardar o ambiente natural de espécies nativas e migratórias incluso no território nacional, principalmente aquelas que são passíveis à ação antrópica proveniente da extensão agropecuária e florestal (BRASIL, 2012).

A legislação ambiental brasileira considera inúmeras leis propondo a preservação do meio ambiente e seus recursos, tais como: o Novo Código Florestal; a Constituição Federal; a Lei de Crimes Ambientais; a Política Nacional de Meio Ambiente, entre outras (LOUZADA, *et al.*, 2010). O Código Florestal Brasileiro representa uma das principais leis ambientais destinadas à conservação da biodiversidade.

Antes da publicação da Lei 12.561 de 25 de maio de 2012, os critérios que distinguiam as APP eram definidos de acordo com o Código Florestal Federal, por meio da Lei nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965 e pelas resoluções nº. 302 e 303 de 20 de março de 2002, propostas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Quando se compara o Códigos Florestais de 2012 e o de 1965, observa-se que no atual houve adaptações não consideradas anteriormente, indicando que houve mudanças significativas com o novo código.

Para a legislação atual ser mais facilmente compreendida, (ALMEIDA *et al.*, 2017) afirmam que alguns ajustes pontuais foram necessários. Assim, para facilitar a orientação e fiscalização das instituições ambientais “[...] ficou expressamente previsto que devem ser preservadas como APP as faixas marginais dos cursos d’água naturais, extinguindo a dúvida quanto aos regos e canais artificiais”. Estes mesmos autores ressaltam ainda outras duas situações que necessitaram de esclarecimentos, a destacar que “[...] a medição das faixas marginais de APP passou a ser da borda da calha do leito regular dos cursos d’água, deixando de ser a partir do nível mais alto em faixa marginal, como amparada pela antiga lei, o que impedia

muito a sua delimitação” e também que “[...] a situação dos lagos e lagoas naturais passou a ser expressamente acentuada por lei, o que não acontecia, permanecendo claro que, quanto aos reservatórios artificiais prevalece o disposto no referente licenciamento ambiental”.

O conceito atual de APP passou a existir ao considerar a importância da manutenção da vegetação de algumas áreas, as quais ocupam amostras particulares de uma propriedade. Esse conceito não é só para os autênticos proprietários dessas áreas, mas em cadeia, também para os demais proprietários de outras áreas de uma mesma comunidade, de comunidades vizinhas e para todos os membros da sociedade (SKORUPA, 2003).

A delimitação das APP, estabelecida pelo Novo Código Florestal, contempla áreas de florestas e outras formas de vegetação, surgidas naturalmente em seu local de ocorrência, situadas às margens de lagos, rios, e no entorno de nascentes; nos topos de morros com declividade superior a 25° e elevação acima de 100 m; nas restingas e manguezais; nas encostas com declividade acentuada com inclinação maior que 45°; e nas bordas de tabuleiros ou chapadas e nas áreas em altitude superior a 1.800 metros, com qualquer cobertura vegetal (GASS *et al.*, 2016).

As áreas respeitadas como de preservação permanente são consideradas nos Art. 4º e 6º da Lei 12.651 de 2012, conforme:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - As faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2012).

### 3.3. USO DA TERRA

A complexidade da composição do sistema ambiental natural favorece alterações em suas características que pode afetar diretamente as interações dos elementos de seu ecossistema, resultando em mudanças não previstas nas etapas de planejamento e avaliação de impacto ambiental (MONDAL, P.; SOUTHWORTH, 2010).

O termo “uso e cobertura da terra” pode ser entendido como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem ou preenchido pela cobertura natural simultaneamente. A classificação do uso e cobertura da terra é de grande relevância, na medida em que os efeitos do uso desordenado originam degradação do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são decorrentes do uso inadequado da terra (LORENA *et al.*, 2013).

O crescimento populacional humano promove o convertimento dos sistemas naturais em outros usos. Entretanto, em função dos agravos ambientais provocados e do comprometimento da capacidade de fornecimento de serviços ambientais, há uma crescente sensibilização sobre a importância do meio natural na conservação da qualidade de vida da sociedade (FENGLER *et al.*, 2015). Sendo assim, vários podem ser os resultados do processo de ocupação dos habitats naturais, inclusive drásticos impactos ambientais negativos, como intensificação do processo erosivo, alterações na hidrologia de bacias hidrográficas, liberação de dióxido de carbono para atmosfera, declínio da biodiversidade, diminuição da disponibilidade de água e desertificação,

entre outros (ALKHARABSHEH *et al.*, 2013; OZTURK *et al.*, 2013; POELMANS *et al.*, 2010; RUHOFF *et al.*, 2010).

O conhecimento do uso e cobertura da terra de uma localidade constitui importante ferramenta de planejamento e gestão dos recursos naturais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o levantamento sobre a cobertura e o uso da terra permite análises e mapeamentos, sendo de grande utilidade para o conhecimento contemporâneo das formas de uso e ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. Nesse contexto, o mapeamento do uso da terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificadas por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre.

O IBGE, ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, menciona que tais estudos também representam instrumento valioso para construir indicadores ambientais.

O levantamento de uso e cobertura da terra comporta o mapeamento e a análise da forma de uso e ocupação do espaço geográfico, o que possibilita a avaliação da capacidade de suporte ambiental e a identificação de alternativas promotoras de sustentabilidade. O referido levantamento é de suma importância, na medida em que o uso desordenado dos recursos naturais acarreta efeitos que causam a deterioração do ambiente (LORENA *et al.*, 2013; NASCIMENTO *et. al*, 2013; NUNES; LEITE, 2014).

Segundo Blaschke e Lang (2009), várias técnicas podem ser utilizadas no levantamento do uso e cobertura da terra. Dentre elas, destaca-se a relação do Sistema de Informações Geográficas (SIG) com os dados de Sensoriamento Remoto, estando as atividades humanas diretamente conexas com o tipo de revestimento do solo e o sensor remoto. Apesar de não se propor ao registro da atividade diretamente, o SIG consente distinguir, através de fotografias aéreas e imagens orbitais, as características da superfície da terra que retratam o recobrimento do solo (SANTOS *et al.*, 2015).

Quando o processo de uso, ocupação e manejo do solo não se atenta para as práticas conservacionistas e medidas mitigadoras de impactos ambientais, há um aumento dos processos erosivos que causam a perda de solo fértil e transporte, pelo fluxo de água, defensivos, nutrientes e sedimentos, contribuindo para o avanço no estágio de degradação dos recursos naturais.

### 3.4. AGROQUÍMICOS

#### 3.4.1. Definição e classificação dos agroquímicos

Os produtos agroquímicos são regulamentados pelo Decreto nº 24.114 em 1934, que estabeleceu as diretrizes e obrigações para a produção, importação, exportação, comercialização e uso no Brasil (LONDRES, 2011). A Lei nº 7.802/1989 incluiu o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) órgão responsável pelo setor de meio ambiente, no processo de avaliação e registro destes produtos no país. Além do IBAMA, outros órgãos participam desta avaliação, como, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que avalia o impacto do uso dos agroquímicos na saúde humana e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que avalia questões agronômicas (REBELO; CALDAS, 2014).

A Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 são considerados agroquímicos:

[...] I - agrotóxicos e afins: a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;

II - componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agroquímicos e afins (BRASIL, 1989).

Os agroquímicos podem se enquadrar em duas categorias, agrícolas e não agrícolas (SILVA; SILVA, 2016), caracterizadas da seguinte maneira: é considerado agrícolas, quando empregados por produtores com a finalidade de defender domínios de produção. Contribuem para o armazenamento e a melhoria dos produtos agrícolas e, também, são usados em florestas plantadas e pastagens. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é o responsável por fornecer registros para o uso nesse quesito. Os ministérios ligados à saúde e o meio ambiente dispõem as diretrizes e exigências que eles devem seguir (BURICO, 2016; BORSOI *et al.*, 2014). Já os agroquímicos não-agrícolas é quando são aplicados em florestas nativas, com o objetivo de protegê-las. Também são aplicados em outros ecossistemas e ambientes hídricos. Os registros para esse uso são fornecidos pelo Ministério do Meio Ambiente por meio do Ibama. As normas e exigências que precisam ser seguidas são

dispostas pelos ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Saúde. Os agroquímicos não-agrícolas também podem ser aplicados em ambientes urbanos e industriais, domiciliares, coletivos ou públicos. Servem para tratar a água, além de auxiliar em outras atuações pelo setor de saúde pública. Nesse caso, os registros para o emprego são outorgados pelo Ministério da Saúde, por meio da Anvisa, com diretrizes e exigências dos Ministérios da Agricultura e do Meio Ambiente (BURIGO, 2016; BORSOI *et al.*, 2014; MARQUES *et al.*, 2007).

Quanto à periculosidade ambiental, um agroquímico pode ser classificado em categorias que variam de I a IV, sendo: Categoria I - Produtos altamente perigosos ao meio ambiente, Categoria II - Produtos muito perigosos ao meio ambiente, Categoria III - Produtos perigosos ao meio ambiente e Categoria IV- produtos pouco perigosos ao meio ambiente (BORSOI *et al.*, 2014).

Os agroquímicos podem ser encontrados em diferentes formulações, incluindo herbicidas, inseticidas, fumigantes, fungicidas, nematicidas, e outros compostos orgânicos, assim como como substâncias empregadas como reguladores de crescimento, desfolhantes e dissecantes. As formulações de agroquímicos são compostas de princípios ativos, termo utilizado para descrever os compostos responsáveis pela atividade biológica desejada. Um mesmo princípio ativo pode ser comercializado sob diferentes formulações e nomes comerciais, e também é possível encontrar produtos com mais de um princípio ativo (FORTES; ZAPPE, 2012).

### **3.4.2. Comportamento ambiental dos agroquímicos**

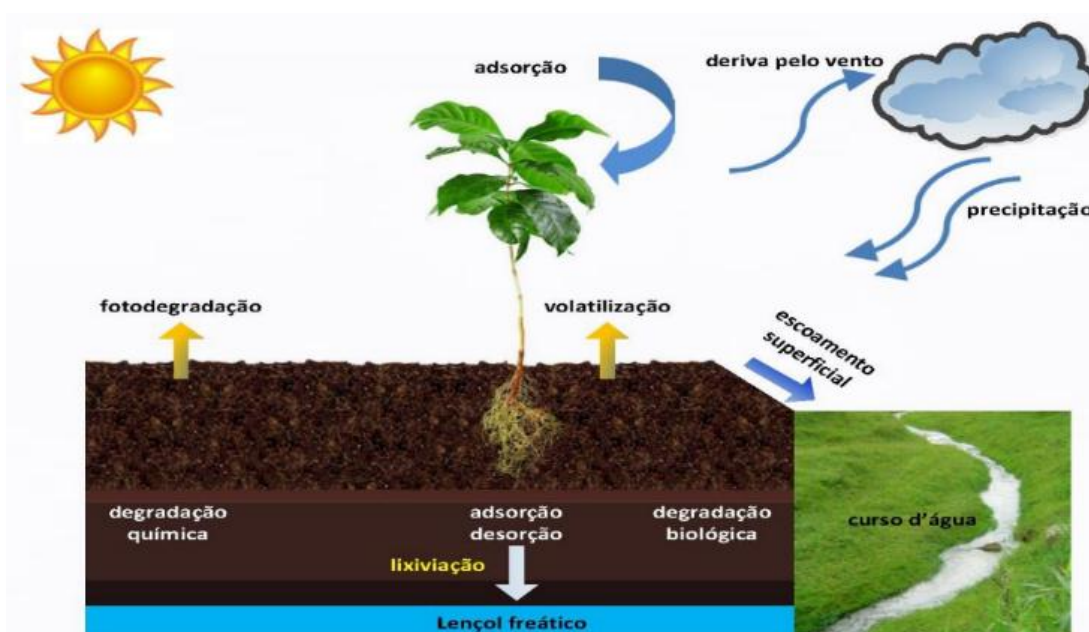
No ambiente, os agroquímicos podem adotar diferentes rotas, independentemente da forma de aplicação, e existe a possibilidade de que ele venha a alcançar o solo e as águas. Quando aplicados por pulverização, menos de 10% dos agroquímicos atingem seu alvo e até mesmo aqueles aplicados diretamente nas plantas têm o solo como destino final, pois sob ação da chuva ou da água de irrigação são lavados das folhas (MARTINI *et al.*, 2012).

Segundo Veiga *et al.* (2006), a aplicação de agroquímicos pode contaminar o solo e os sistemas hídricos, culminando numa degradação ambiental com interferência negativa nos ecossistemas e consequências em longo prazo, cujos efeitos podem ser irreversíveis (BOHNER *et al.*, 2013). A consequência dos agroquímicos no meio ambiente está relacionada com sua ecotoxicidade nos

organismos terrestres e aquáticos, que por sua vez, está relacionada com a concentração utilizada, o modo e condições de aplicação ( FLOSS, 2015; MARTINI *et al.*, 2012;).

As substâncias químicas presentes nos agroquímicos são passíveis de sofrer processos físicos, químicos e biológicos (Figura 1), como a retenção (sorção), transformação (degradação biológica, fotodegradação e decomposição química) e transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial). Esses processos podem alterar as suas propriedades e interferir no seu comportamento, inclusive dando origem a subprodutos com propriedades absolutamente distintas do produto inicial, cujos danos ao meio ambiente ou à saúde também são diferenciados. Além disso, esses processos podem prever como será o comportamento do produto a partir da sua interação com as partículas do solo e com outros componentes, como sua velocidade de evaporação, solubilidade em água e bioacumulação (BORSOI *et al.*, 2014; SCHREIBER, 2012; RIBAS; MATSUMURA, 2009; SPADOTTO *et al.*, 2004).

Figura 1. Dinâmica dos agroquímicos no meio ambiente



Fonte: SANTOS (2016).

Além destes processos, as condições meteorológicas, composição das populações de microrganismos no solo, presença ou ausência de plantas, localização do solo no relevo e práticas de manejo dos solos podem também afetar o destino de agroquímicos no ambiente ( BORSOI *et al.*, 2014; SPADOTTO *et al.*, 2004).



Os lençóis freáticos subterrâneos podem ser contaminados por agroquímicos através da lixiviação da água. Esta contaminação também pode ocorrer superficialmente, devido à comunicação dos sistemas hídricos, atingindo áreas longínquas da área de aplicação dos agroquímicos, ocasionada por processos erosivos. As atividades agrícolas e a vulnerabilidade natural do aquífero podem favorecer um alto nível de impactos negativos, tornando assim a água imprópria para o consumo (AMÉRICO *et al.*, 2015; BOHNER *et al.*, 2013).

A complexidade da avaliação do comportamento de um agroquímico, após sua aplicação, deve-se à necessidade de se considerar a interferência dos agentes que atuam favorecendo seu deslocamento físico e sua transformação química e biológica (BRASIL s.d.; BURIGO, 2016). Dentre os principais, a solubilidade em água, o tempo de meia vida tanto no solo como na água ( $t_{1/2}$ ) e o coeficiente de partição com o carbono orgânico do solo (Koc), são propriedades físico-químicas que condicionam o processo de lixiviação do princípio ativo dos agroquímicos no meio ambiente.

A solubilidade em água é uma característica de fundamental importância para os processos ambientais destes compostos, uma vez que ela indica a tendência que estes têm de ser carregados no solo, estando, portanto, relacionada com o transporte e destino dos mesmos. Os agroquímicos com elevada solubilidade em água e tempo de meia vida, baixo valor de Koc, tendem a serem lixiviados.

A contaminação do solo tem colaborado com grandes variações nas populações de organismos não-alvo, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e favorecem a fertilidade. Na maioria das vezes, essas perdas são responsáveis por desequilíbrios favoráveis ao surgimento de novas pragas e doenças (VERGEZ *et al.*, 2004). Vale ressaltar que o solo contaminado pode ser levado pelas águas de chuva para rios, açudes e lagos, expondo ao risco de contaminação as populações e as espécies que vivem nesses sistemas.

Quando a maioria desses compostos entra no ecossistema do solo, podem afetar os processos de decomposição por meio dos microrganismos presentes no solo que são sensíveis aos agroquímicos, impactando todo o equilíbrio, biodiversidade e a quantidade total desses organismos tão necessários para manutenção da fertilidade e saúde do conjunto solo e plantas (SPADOTTO, 2003). Exemplificando, os fungicidas sistêmicos inibem certos organismos saprófitas do solo e as micorrizas; o uso prolongado de fungicidas cúpricos leva à esterilização do solo e os inseticidas, especialmente os clorados, “[...] têm uma influência inibidora sobre a atividade dos

fungos (especialmente os actinomicetos) e bactérias que participam da amonificação, e sobre os nitrobacter, que participa da transformação dos nitritos em nitratos” (CHABOUSSOU, 2006).

Chaboussou (1980) ainda ressalta que todos os agroquímicos incorporados ao solo, seja intencionalmente para desinfecção, não intencionalmente, após tratamentos de controle de insetos ou fungos ou tratamentos herbicidas, são capazes de afetar a fisiologia da planta através de sua nutrição. Os herbicidas parecem os mais perigosos, devido a sua dupla ação em relação à planta: efeito direto no momento do tratamento, e ação indireta, pela inibição da nitrificação ou da amonificação, resultando na destruição dos microrganismos do solo (BURIGO, 2016; SOARES, 2016).

### **3.4.3. Modelos utilizados na avaliação do risco de lixiviação de agroquímicos no ambiente**

Trabalhos desenvolvidos com o intuito de estudar a lixiviação desses produtos oriundos do manejo ecossistêmico, confirmam que o uso indiscriminado dos agroquímicos, resultam em contaminação dos solos e lençol freático, contaminando esses mananciais e ocasionando impactos negativos ao ambiente (COUTINHO *et al.*, 2008; LÖBLER, 2014; LOURENCETTI, 2015; SANCHES *et al.*, 2003).

Segundo Soares *et al.* (2017), por meio da estrutura química do princípio ativo é possível determinar a dinâmica do composto no ambiente, compreendendo sua mobilidade e degradabilidade e, assim, analisar o potencial de contaminação das águas por meio de modelagem matemática.

Para a avaliação do risco potencial de lixiviação dos princípios ativos dos agroquímicos, podem ser utilizados modelos simples, baseado nas características físico-químicas do agrotóxico em questão, como o de GUS (Groundwater Ubiquity Score – Índice de Vulnerabilidade de Águas Subterrâneas), EPA (Environmental Protection Agency – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) e LIX (Leaching Index – Índice de Lixiviação), ou mais complexos como RF (Retardation Factor – Fator de Retardo), AF (Attenuation Factor – Fator de Atenuação) e TLPI (Temperature Leaching Potential Index – Índice Potencial de Lixiviação por Temperatura), baseados não só nas características físico-químicas do agroquímico, mas também nas características do solo e condições geoclimáticas da área de estudo.

No Brasil, estes métodos conseguem avaliar até mais de 450 princípios ativos de alguns dos agroquímicos em uso, visando dar subsídio à priorização de produtos para uso e de assessorar investigações imediatas nas matrizes onde esses compostos apresentem alto potencial de serem encontrados (solo ou água), consentindo um manejo mais eficiente desses ambientes (SANTOS, *et al.*, 2016; PESSOA *et al.*, 2004).

### 3.5. GEOTECNOLOGIAS E SUAS APLICAÇÕES

As geotecnologias possuem diversas aplicações como, monitoramentos e adequações ambientais, planos de manejo de unidades de conservação, manejo de bacias hidrográficas, delimitação de corredores ecológicos, estudo de ecologia da paisagem, risco de incêndios florestais, risco de inundação, análise de rede e logística, dentre outros, podendo também ser aplicada em estudos relacionados com o zoneamento agrícola e lixiviação de agroquímicos, que anteriormente, eram consideradas custosas e realizados com grande dificuldade; hoje podem ser concretizados rapidamente e com melhores resultados (SANTOS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2012).

Diferentes áreas do conhecimento, entre elas a Agroquímica, tem se favorecido com o avanço das Geotecnologias, definidas como todas as tecnologias relacionadas com as informações espaciais (geoinformação). Esse conceito abrange a aquisição, processamento, interpretação (ou análise) de dados ou informações espacialmente referenciadas, apoiadas, principalmente, pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto (SR), Geoestatística e outras áreas (SANTOS, *et al.*, 2016)

A utilização de imagens orbitais obtidas por meio do sensor Landsat 8, tem se aumentado na medida em que suas potencialidades em diferentes aplicações temáticas têm sido demonstradas e resultados concretos foram alcançados. O avanço das resoluções espectrais, radiométricas, espaciais e temporais tem contribuído para melhores resultados na discriminação de alvos que ocorrem na superfície (vegetação, solo, meio urbano, entre outros), efetivando assim técnicas de mapeamento e monitoramento ambiental (MASEK *et al.*, 2015; OLIVEIRA, 2013).

### **3.5.1. Sensoriamento Remoto**

O Sensoriamento Remoto é uma das tecnologias de coleta automatizada de dados para classificação e monitoramento dos recursos terrestres em escala global, pois possibilita uma visão espacial dos processos modificadores que impactam o meio ambiente e degrada a qualidade de vida, fornecendo informações que facilitam as tomadas de decisões (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Considera-se atualmente os dados de sensoriamento remoto uma das principais fontes geradoras de informações que alimentam bancos de dados geográficos integrados em um sistema de informação geográfica para análises da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados (BACANI *et al.*, 2015).

Esta tecnologia possui ampla aplicação na descrição quantitativa de bacias hidrográficas e redes de drenagem por meio de imagens coletadas pelos sensores remotos. Pode-se assim, automatizar uma série de estudos morfométricos, ampliar o conhecimento dos recursos naturais e reduzir o custo de obtenção de informações (OLIVEIRA, 2013).

### **3.5.2. Sistemas de Informações Geográficas**

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm capacidade para aquisição, tratamento, armazenamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos (SILVA *et al.*, 2012). Este instrumento permite a aplicação de metodologias embasadas em critérios estabelecidos pela legislação brasileira acerca de políticas de proteção e conservação do meio ambiente (OLIVEIRA, 2013; OLIVEIRA, 2006).

Segundo Santos (2014), as funções de SIG podem ser incorporadas a diversos aplicativos computacionais com o objetivo de representar processos ambientais em diversas regiões de uma maneira simples e eficiente, consentindo economia de recursos e tempo.

### **3.5.3. Geoestatística**

A geoestatística é considerada um tópico especial da estatística aplicada que trata de problemas referentes às variáveis regionalizadas definidas como qualquer função numérica que apresente distribuição, variação e continuidade aparente dos dados espaciais (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). É uma ferramenta muito útil na elaboração de estratégias, permitindo auxiliar de maneira muito precisa todo o processo de planejamento e tomada de decisões na gestão técnica e ambiental das propriedades cooperando para a conservação e ou recuperação do meio ambiente (LONG, 2014), podendo ser usada, também, como importante instrumento de análise dos dados, de modo que, seja possível modelar e analisar a estrutura de dependência espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, por meio da adequação de semivariogramas experimentais (SILVA; GHIMARÃES, 2016; MANZIONE; ZIMBACK, 2011).

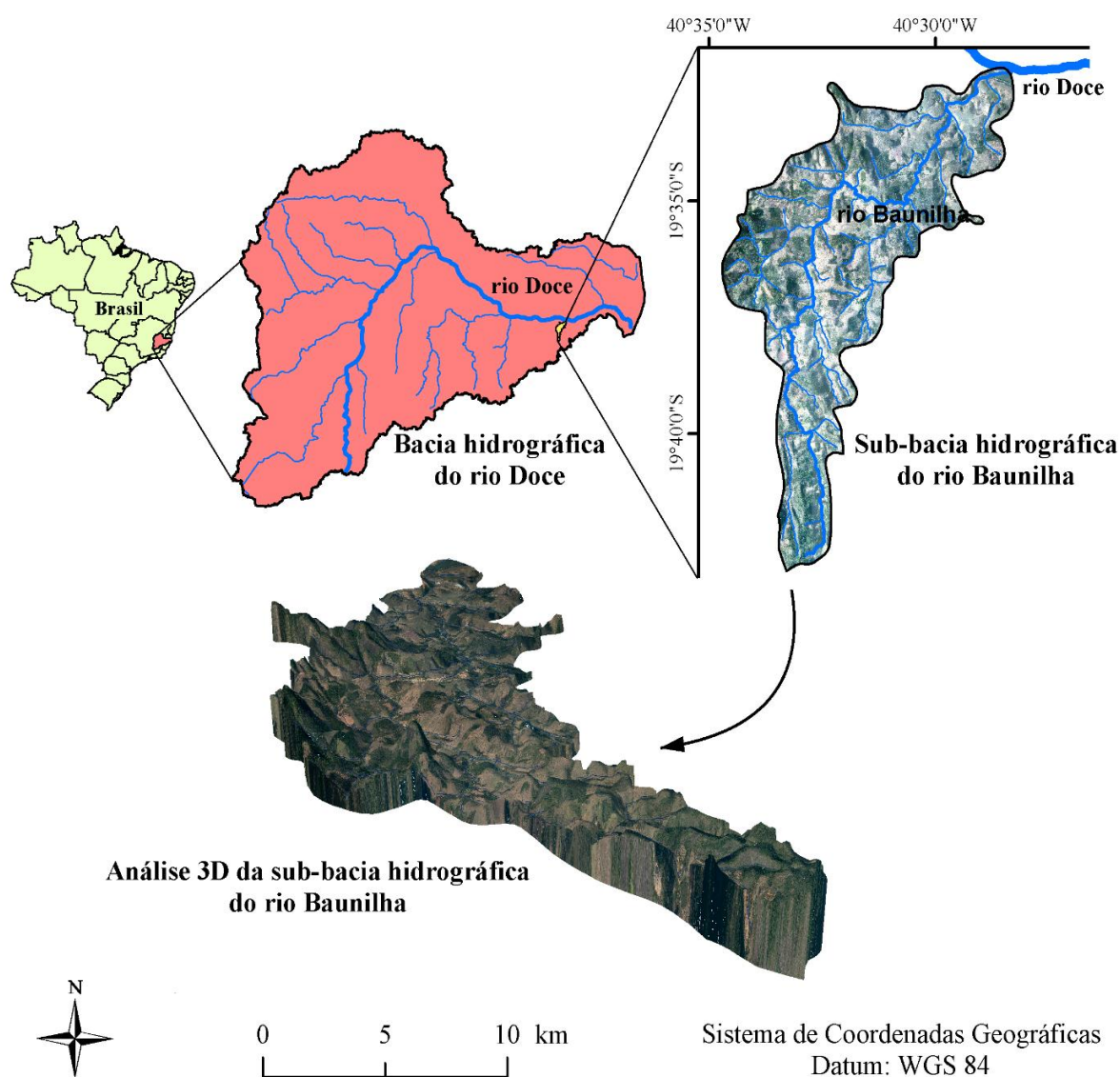
A realização de análises sobre conjuntos de variáveis característicos, para determinados fenômenos e processos, permite que se obtenham subsídios sobre a variabilidade espacial desses atributos, com a presteza necessária para que sejam consideradas ao planejarem seus esquemas de manejo, por exemplo, a tempo de atenderem aos propósitos agrônômicos na determinação de zonas de manejo (MANZIONE; ZIMBACK, 2011).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia do rio Baunilha está localizada dentro da bacia hidrográfica do rio Doce com área superficial de 8.680 ha (86,80 km<sup>2</sup>), situada no município de Colatina, microrregião de planejamento Centro-Oeste do estado do Espírito Santo (USN, 2012) entre as coordenadas geográficas de 19°31'59" a 19°43'06" latitude Sul e 40°27'59" a 40°34'48" longitude Oeste (Figura 2).

Figura 2. Sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil

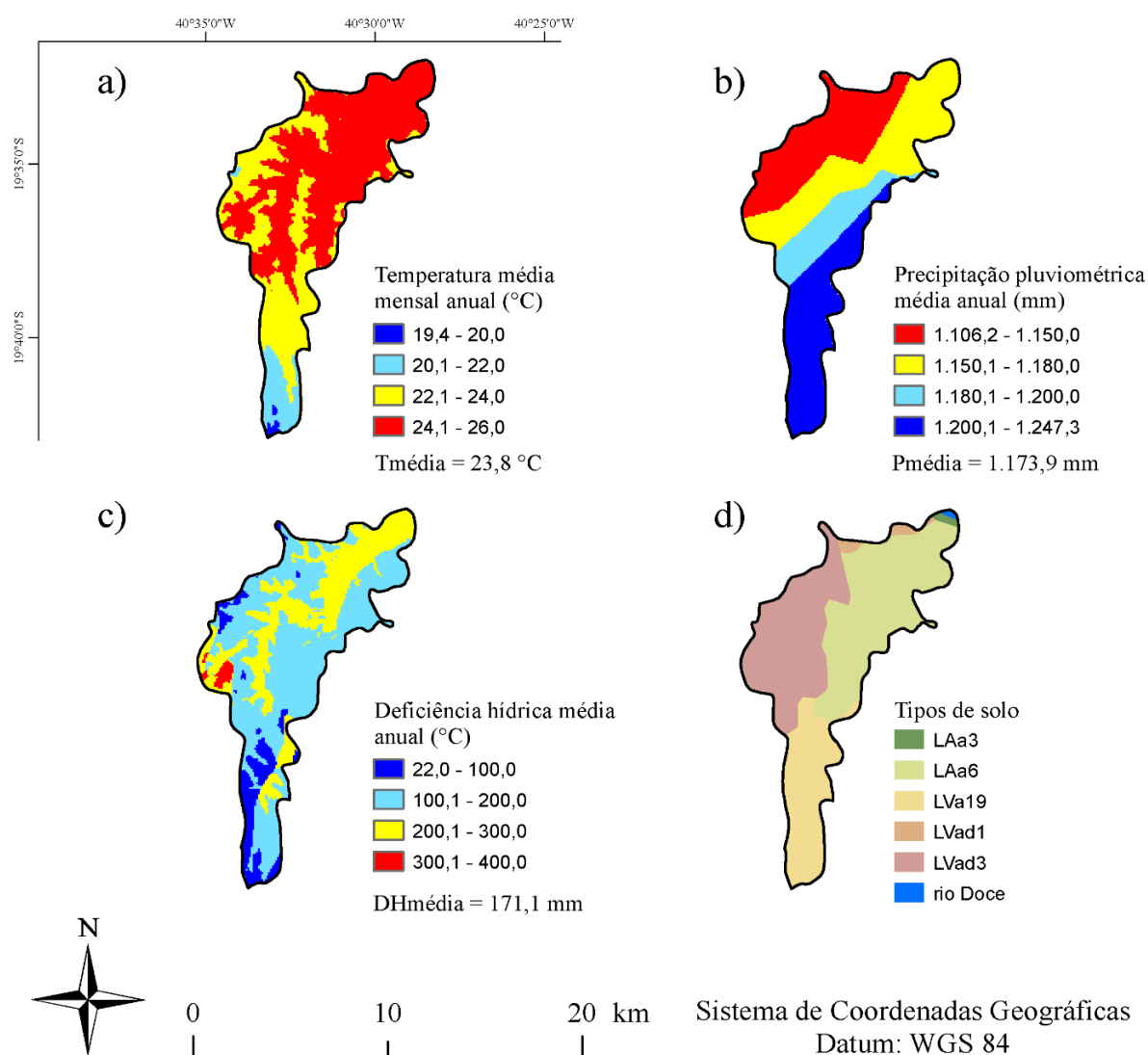


Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é Aw (tropical com inverno seco), com valores de temperatura do ar, precipitação pluviométrica e deficiência hídrica média anual de 23,8 °C, 1.173,9 mm e 171,1 mm, respectivamente (Figura 3a, 3b e 3c).

Os solos predominantes são classificados como Latossolo Amarelo álico (LAa3), Latossolo Amarelo distrocoeso (LAa6), Latossolo Vermelho-Amarelo álico (LVa19), Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico (LVad1), Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico com afloramento rochoso (LVad3) (Figura 3d), segundo Embrapa (2013).

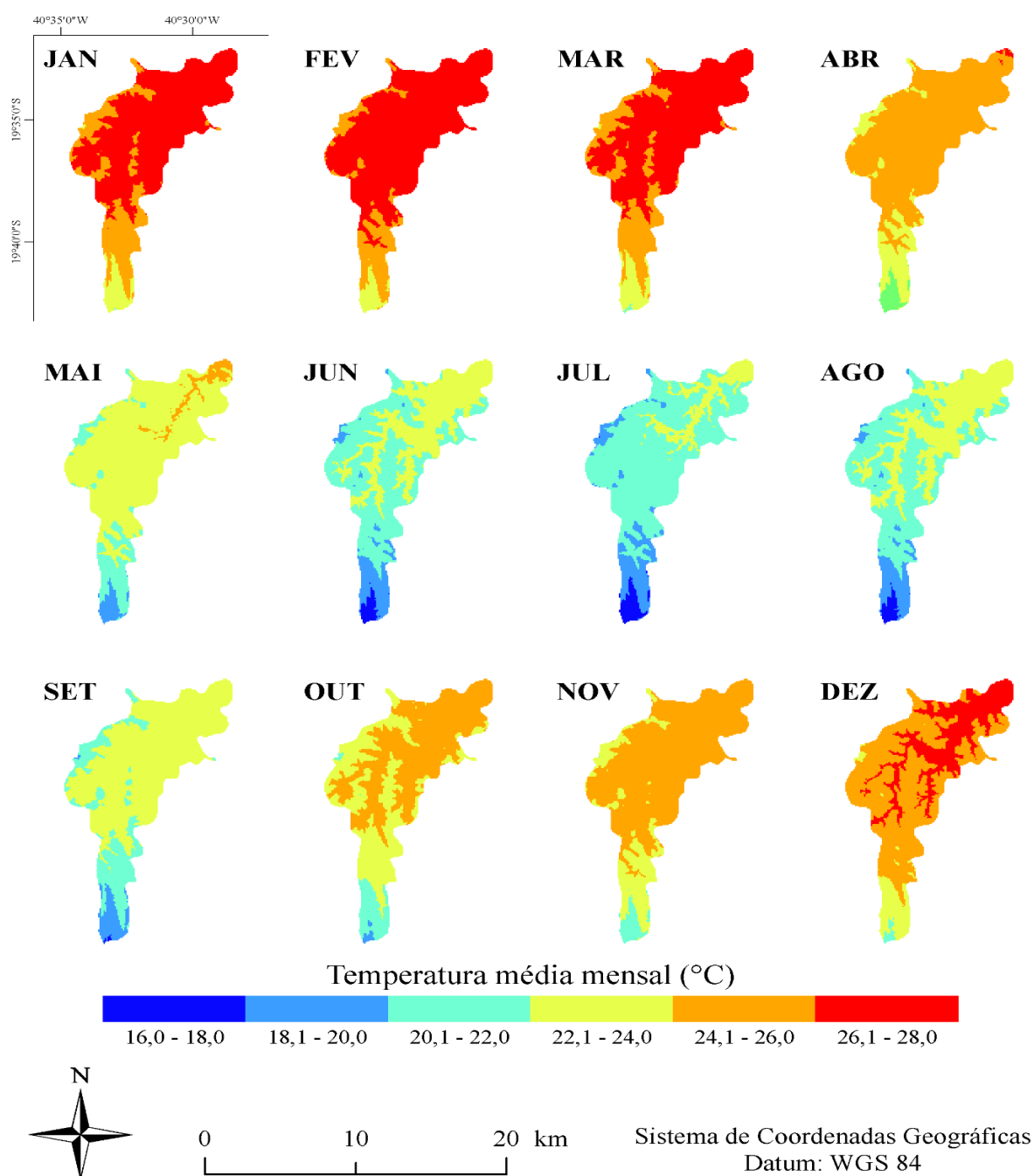
Figura 3. Caracterização edafoclimática da sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com a espacialização mensal da temperatura do ar, precipitação pluviométrica e deficiência hídrica, referente a uma série meteorológica representativa dos últimos 30 anos, a região é caracterizada por duas estações bem definidas, uma seca, representando os meses compreendidos entre abril e setembro e, uma chuvosa, entre os meses de outubro a março como apresentado nas Figuras 4, 5 e 6.

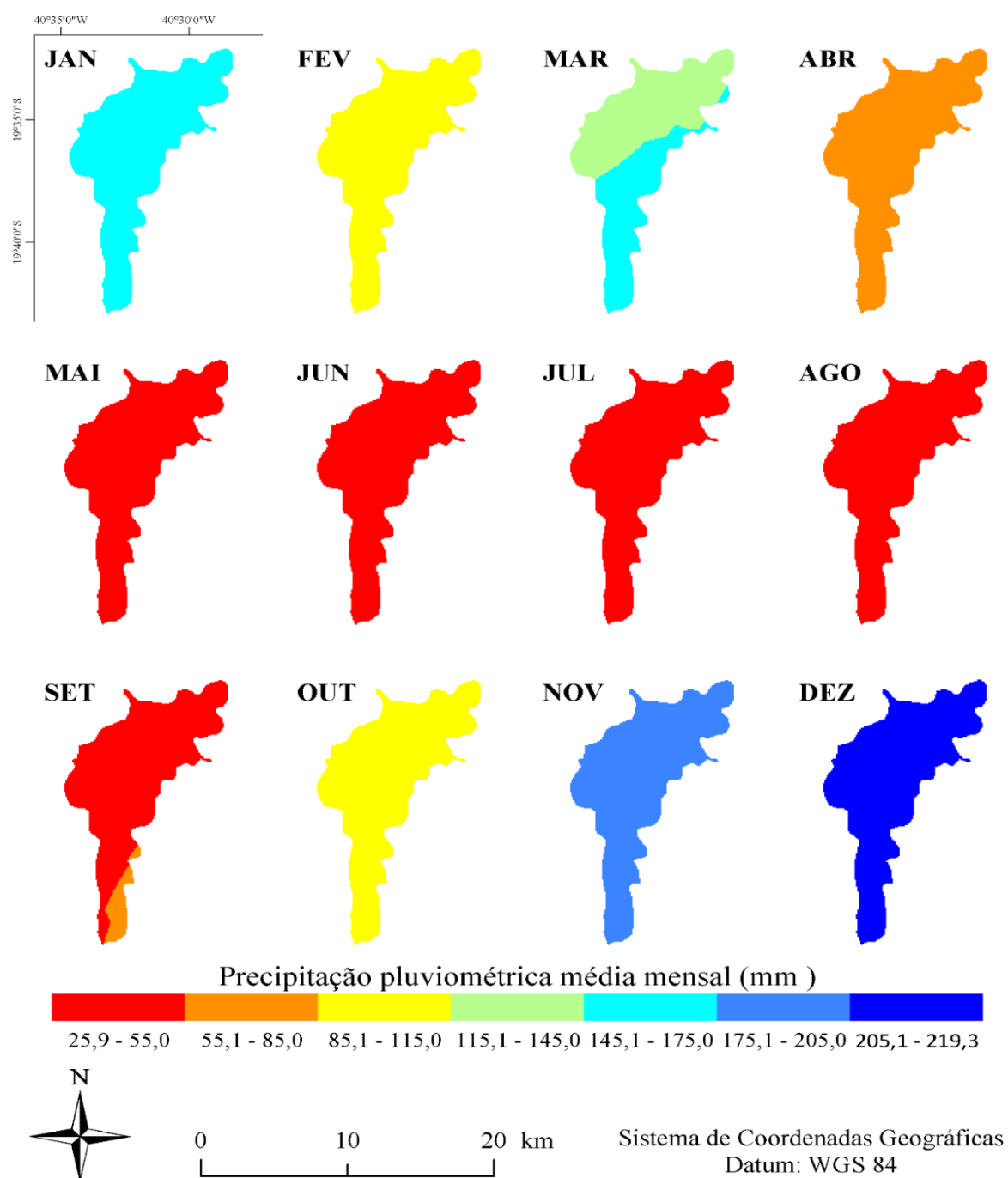
Figura 4. Espacialização mensal da temperatura do ar (°C) para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

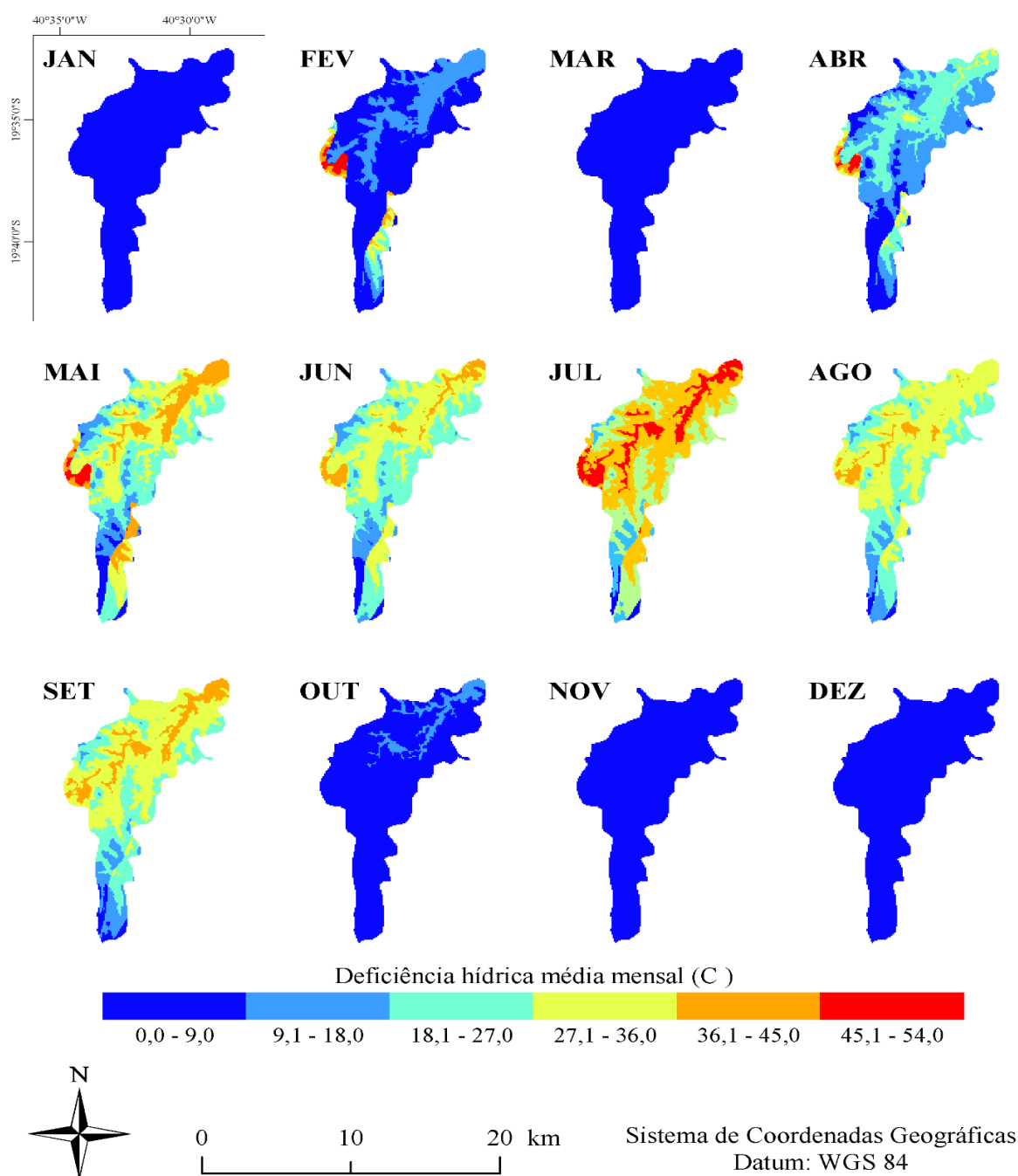


Figura 5. Espacialização mensal da precipitação pluviométrica (mm) para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

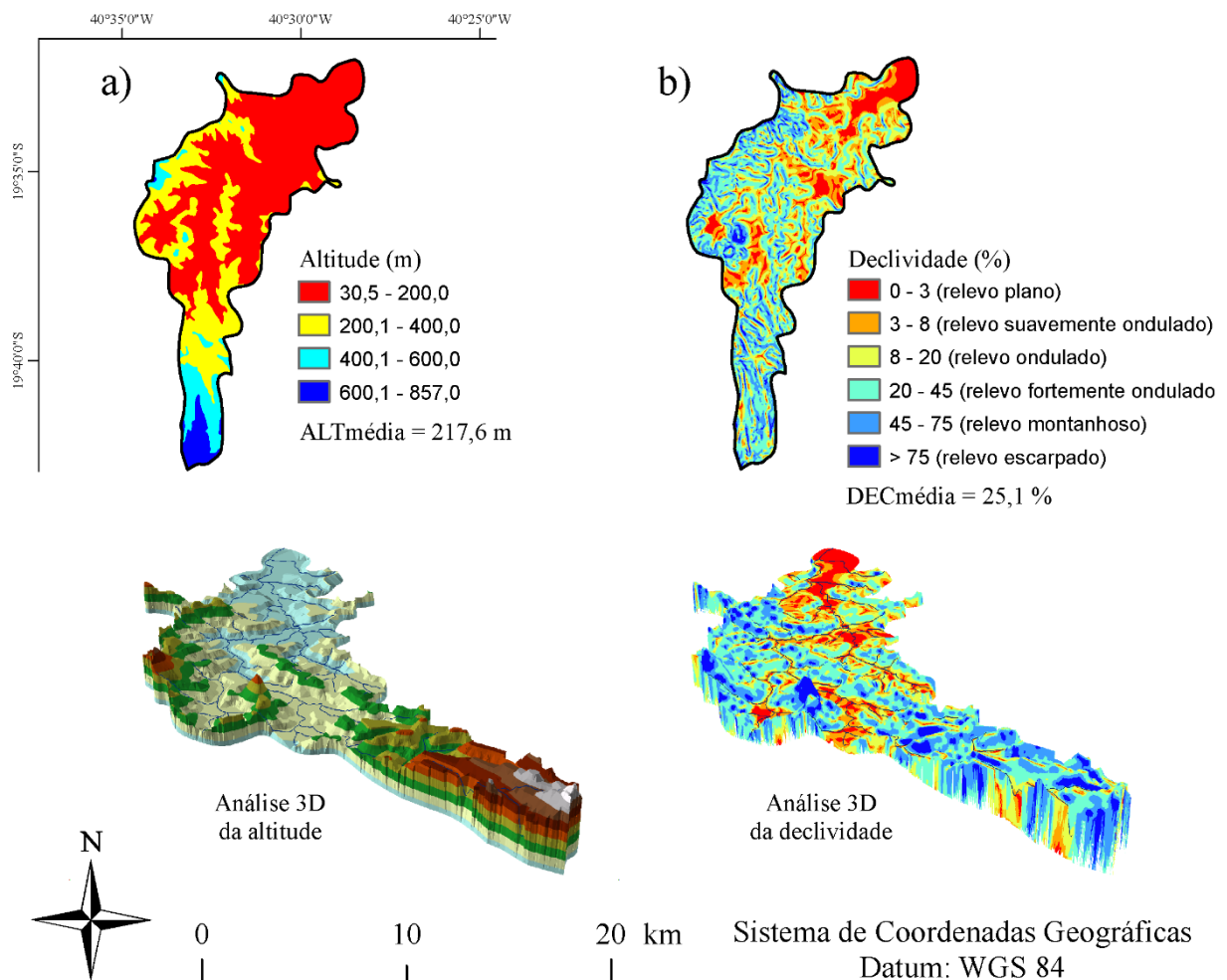
Figura 6. Espacialização mensal da deficiência hídrica (mm) para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil-



Fonte: Elaborado pela autora.

O relevo é caracterizado por altitude e declividade média de 217,6 m e 25,1%, respectivamente, que variam de ondulado a fortemente ondulado conforme apresentado na Figura 7. A rede de drenagem apresenta padrão subdendrítico, com canais principais bem definidos, sendo que os tributários se estendem horizontalmente.

Figura 7. Caracterização altimétrica para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.2. MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA PARA A SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAUNILHA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Foi realizada a fotointerpretação por meio da digitalização em tela da área de estudo produzido por meio das imagens aerofotogramétricas disponibilizadas com cortesia pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito

Santo (IEMA), adquirida no ano 2015, com resolução espacial de 0,25 metros.

Para a realização da fotointerpretação, criou-se um shapefile do tipo polígono, digitalizando-se em tela em uma escala constante de 1:3000, as categorias definidas anteriormente. Nos casos onde houve dúvidas, realizou-se uma ampliação da imagem e comparou com imagens do aplicativo Google Earth. A verificação e posterior digitalização, simultânea, das informações acerca de quais eram categorias de uso e ocupação da terra da área de estudo em questão, foram inseridas no banco de dados do aplicativo computacional ArcGIS® 10.3, em mesma projeção cartográfica. As classes fotointerpretadas manualmente em tela foram dissolvidas, favorecendo seu agrupamento e a quantificação da área de cada categoria (Etapa 1, Figura 8).

As categorias de uso e ocupação da terra fotointerpretadas foram:

- Afloramento rochoso: formação rochosa com pouca ou nenhuma vegetação;
- Arborização: elementos vegetais de porte arbóreo localizados próximos às estradas pavimentadas, não pavimentadas e edificações;
- Área urbana: áreas ocupadas por edificações em padrão urbano;
- Áreas indefinidas: áreas em que não foi possível classificar segundo as categorias de uso da terra;
- Areia: bancos de areia no rio Doce;
- Brejo: áreas úmidas ou alagadas nas várzeas;
- Campo sujo: áreas com arbustos e subarbustos esparsos, não consideradas pastagens;
- Cultivo agrícola – café: áreas com lavouras de café;
- Cultivo agrícola - temporário: áreas com cultivo anuais e perenes;
- Edificações: áreas ocupadas por construções rurais;
- Estradas não pavimentadas: Estradas rurais;
- Estradas pavimentadas: rodovias e estradas em zona urbana;
- Extração mineral: Área de extração mineral como o mármore, granito etc...
- Fragmentos florestais consolidados: fragmentos florestais densos;
- Fragmentos florestais não consolidados: fragmentos florestais pouco densos;
- Gramínea: áreas ocupadas por vegetação rasteira (não considerada pastagens) próximas a edificações;
- Macega: áreas com presença de emaranhado de arbustos de pequeno porte;
- Massa d'água: área ocupada por água sem deslocamento;

- Mata ciliar: Elementos arbóreos próximo a cursos d'água;
- Pastagens: área coberta por vegetação rasteira;
- Vegetação ripária: vegetação que ocupa às margens do rio Doce;
- Silvicultura: áreas com cultivo de Eucaliptos;
- Solo exposto: áreas com ausência de vegetação ou construções sobre o solo;
- Várzea: área plana do terreno.

Na geração do mapa de uso e ocupação da terra levaram-se em consideração as categorias de uso e ocupação da terra, obtidas a partir da interpretação visual, por meio de técnicas de fotointerpretação da aerofoto e por intermédio do aplicativo Google Earth.

#### 4.3. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) SOB A ÓTICA DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO

Foram mapeadas as APP considerando a faixa marginal dos rios, ao redor das nascentes, nos topos de morros e montanhas (terço superior) e encostas com declividades acima de 45°, baseando-se nos critérios estabelecidos pela legislação, Novo Código Florestal - Lei nº 12.727/2012 (BRASIL, 2012), a qual dispõe sobre parâmetros, definições e limites das APP. Abaixo seguem descritas as etapas referentes à elaboração das APP (Etapa 2, Figura 8).

##### *Etapa 2a - Delimitação das APP de cursos d'água*

A delimitação das APP ao longo dos cursos d'água foi realizada utilizando a base de dados correspondentes aos cursos d'água, disponibilizada com cortesia pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES). Utilizou-se a função de “*análise de proximidade*” do aplicativo computacional ArcGIS 10.3, delimitando-se uma área de 30 m em cursos d'água com menos de 10 m de largura e de 50 m em cursos d'água com largura entre 10 e 50 m.

##### *Etapa 2b Delimitação das APP de nascentes*

Para delimitar as APP ao redor das nascentes, foram utilizadas as bases de dados correspondentes ao Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Consignado

(MDEHC), aos pontos relacionados às nascentes, que foram gerados pela digitalização em tela, e à rede hidrográfica orientada no sentido da foz. A determinação das áreas de preservação no entorno das nascentes foi realizada por meio da função de “*análise de proximidade*” disponível no aplicativo computacional *ArcGIS 10.3*, delimitando-se um raio de preservação de 50 metros no entorno das nascentes.

#### *Etapas 2c Delimitação das APP de declividade*

Nesta etapa, foram delimitadas as APP de encostas com declividades acima de 45° com base no MDEHC por meio das funções de “*análise de superfície por declividade*” e “*reclassificação*” espacial visando delimitar apenas a categoria de APP superior a 45°.

#### *Etapas 2d Delimitação das APP de topos de morro*

As APP de topo de morro, foram delimitadas seguindo a metodologia de Hott (2004), baseada em processamentos geotecnológicos, aplicando-se precisamente a legislação e adotando um critério na delimitação das elevações por meio do fluxo numérico presente na superfície modelada digitalmente. As etapas necessárias para a delimitação das APP de topos de morro são apresentadas na Figura 8.

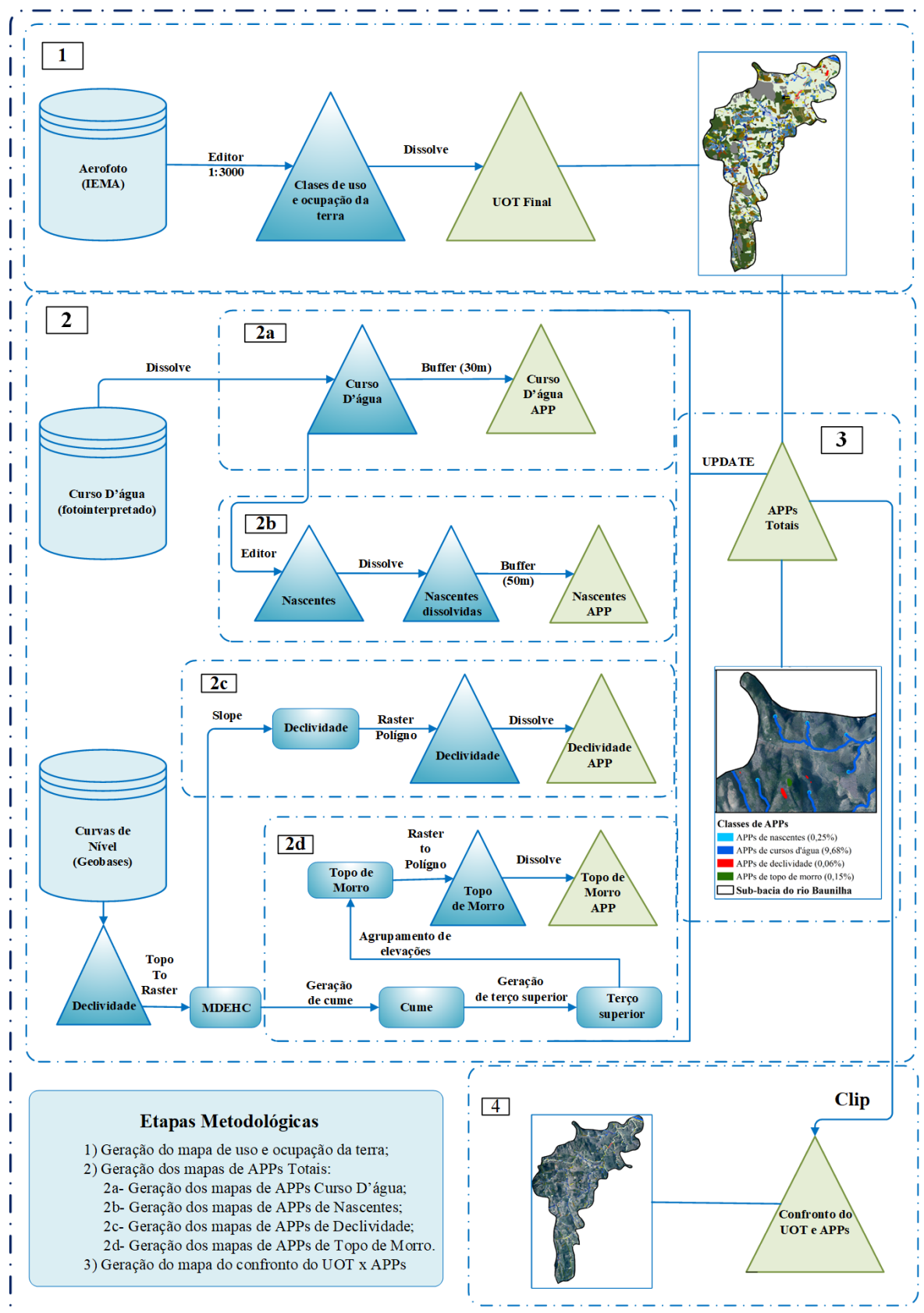
#### *Etapas 3 Delimitação das APP totais*

Finalmente, de posse as APP individualizadas de nascentes, cursos d'água, topos de morro e declividade, foi aplicada a função de “*atualização geométrica*” disponibilizada no aplicativo computacional *ArcGIS 10.3* com a finalidade de realizar a interseção das APP sem sobreposição entre elas.

#### *Etapas 4 Confronto das APP totais com o uso e ocupação da terra*

Foi realizado o cruzamento tabular dos mapas de APP e de uso e ocupação da terra, para obtenção do confronto das áreas de uso e ocupação da terra com as APP, conforme etapa 4 da Figura 8. A Figura 8 representa as etapas metodológicas realizadas para a obtenção do uso da terra, APP e confronto de uso da terra x APP.

Figura 8. Etapas metodológicas utilizadas para gerar os mapas de uso da terra, APP e confronto uso da terra x APP para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ATIVOS DE AGROQUÍMICOS UTILIZADOS PARA A CULTURA DE CAFÉ EMPREGANDO OS MÉTODOS GUS E LIX

Os agroquímicos considerados para este estudo incluíram aqueles ingredientes ativos autorizados para a cultura do café, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), fiscalizados pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF) e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do estado.

Foram avaliados 10 princípios ativos nesse estudo, sendo: tebuconazol (fungicida), 2,4-D, diuron, glifosato, paraquat, pendimetalina e sulfentrazone (herbicidas) e clorpirifós, terbufós e tiametoxam (inseticidas). As propriedades físico-químicas destes princípios ativos de agroquímicos utilizados no estudo são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Propriedades físico-químicas dos princípios ativos usados na cultura do café

Agroquímicos	* $t_{1/2}$ solo (dias <sup>-1</sup> )	** $K_{oc}$ (mL g <sup>-1</sup> )	*** $k$ (dias <sup>-1</sup> )	**** $K_H$ (Pa m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup> )
2,4-D	4,4	39,3	0,157533	4,0 x 10 <sup>-6</sup>
Clorpirifós	50,0	8.151,0	0,013863	4,78 x10 <sup>-1</sup>
Diuron	75,5	680,0	0,009181	2,00 x 10 <sup>-6</sup>
Glifosato	15,0	1.424,0	0,046210	2,10 x 10 <sup>-7</sup>
Paraquat	3.000,0	1.000.000,0	0,001899	4,0 x 10 <sup>-9</sup>
Pendimetalina	182,3	17.491,0	0,003802	2,73 x 10 <sup>-3</sup>
Sulfentrazone	541,0	43,0	0,001281	1,878 x 10 <sup>-4</sup>
Tebuconazol	63,0	769,0	0,011002	1,00 x 10 <sup>-5</sup>
Terbufós	8,0	500,0	0,086643	2,70
Tiametoxam	50,0	56,2	0,013863	4,70 x 10 <sup>-10</sup>

\* $t_{1/2}$  solo: tempo de meia vida do produto no solo, \*\* $K_{oc}$ : coeficiente de adsorção ao carbono orgânico), \*\*\* $k$ : constante de degradação de primeira ordem do agroquímico no solo, \*\*\*\* $K_H$ : constante da lei de Henry). Fonte: Andrade *et al.* (2011), IUPAC (2016), Lourencetti *et al.* (2005) e Santos (2017).

Para avaliar o potencial de lixiviação dos mesmos foram utilizados os métodos GUS, LIX e RF/AF. O método GUS, proposto por Gustafson, (1989), é expresso pela Equação 1:



$$GUS = \log(t^{1/2}_{solo}) \cdot (4 - \log K_{oc}) \quad (\text{eq.1})$$

Em que,

$t^{1/2}_{solo}$  é o tempo de meia vida do produto no solo, em dia<sup>-1</sup>;

$K_{oc}$  é o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico, em mL g<sup>-1</sup>.

Os resultados de GUS encontrados para cada princípio ativo foi distribuído em categorias pré-definidas conforme apresenta a Tabela 2:

Tabela 2. Categorias do método GUS

Método GUS	Classificação
$\leq 1,8$	Não sofre lixiviação
$1,8 < 2,8$	Faixa de transição
$\geq 2,8$	Provável lixiviação

Fonte: Khan e Liang (1989), Rao *et al.* (1985) e Santos (2017).

O método LIX, proposto por Spadotto, (2002), é expresso pela Equação 2:

$$LIX = \exp (-k \cdot K_{oc}) \quad (\text{eq. 2})$$

Em que, k é a constante de degradação de primeira ordem do agroquímico no solo, em dias, calculado através da equação 2 e  $K_{oc}$  é o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico, em mL g<sup>-1</sup>:

$$k = \frac{\ln 2}{t^{1/2}} \quad (\text{eq.3})$$

Os resultados de LIX determinados para cada princípio ativo foi distribuído em categorias com intervalos conforme apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Categorias do método LIX

Método LIX	Classificação
0	Nulo
0 a 0,1	Zona de transição
$\geq 0,1$	Potencial de lixiviação

Fonte: Khan e Liang (1989), Rao *et al.* (1985) e Santos (2017).

#### 4.2.4 Determinação do potencial de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos utilizados para a cultura de café empregando os métodos RF/AF.

O estudo foi realizado em etapas, através do programa computacional ArcGIS®, versão 10.3, módulo ArcMap.

##### Etapa 1 – Cálculo da taxa de recarga hídrica da água superficial

As variáveis meteorológicas Evapotranspiração Potencial da Cultura (ETC) e Precipitação pluvial (P), procedentes do balanço hídrico agroclimatológico proposto por Thornthwaite, (1948) foram, convertidas do formato tabular para o formato vetorial de pontos por meio da função “*adicionar dados X, Y*”. Em seguida, foi aplicada a função “interpolação espacial pelo inverso do Quadrado da Distância (IQD)” a fim de gerar as imagens matriciais de ETC e P. Por meio da função “*álgebra de mapas*”, a imagem matricial de P foi subtraída da imagem de ETC, gerando assim a imagem matricial de recarga hídrica (q). Essas etapas foram realizadas no aplicativo computacional ArcGIS®.

##### Etapa 2 - Cálculo do fator de retardo (RF) do movimento do agroquímico no solo

Sobre o mapa vetorial poligonal de tipos de solo da sub-bacia do rio Baunilha, ES, foram adicionados em sua tabela de atributos os campos representativos das propriedades físico-químicas dos princípios ativos (Tabela 1) e variáveis físico-químicas do solo (Tabela 4). Para o processamento espacial do RF utilizou-se a função “calculadora de campo” e os cálculos realizados conforme a Equação 4

$$RF = 1 + \left( \frac{\rho \cdot OC \cdot K_{oc}}{FC} \right) + \left( \frac{\delta \cdot K_H}{FC} \right) \quad (\text{eq. 4})$$

Em que,

$\rho$ : densidade do solo;

OC : teor de carbono orgânico do solo;

$\delta$  : porosidade do solo na capacidade de campo;

$K_H$ : coeficiente de partição ar-água do agrotóxico; e

FC: capacidade de campo do solo.

Tabela 4. Propriedades físico-químicas dos tipos de solos da área de estudo.

<b>Solo</b>	<b>F<sub>c</sub> (v v<sup>-1</sup>)</b>	<b>ρ (g cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>K<sub>oc</sub> (g g<sup>-1</sup>)</b>	<b>δ (v v<sup>-1</sup>)</b>
Latossolo amarelo álico	0,2625	1,2625	0,0194	0,5875
Latossolo amarelo distrocoeso	0,2625	1,2625	0,0194	0,5875
Latossolo Vermelho-Amarelo álico	0,2625	1,2625	0,0194	0,5875
Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico	0,2625	1,2625	0,0194	0,5875
Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico com afloramento rochoso	0,2625	1,2625	0,0194	0,5875

Fonte: Elaborado pela autora

As imagens vetoriais poligonais de RF foram rasterizados (função “polígonos para raster”) e reclassificados (função “reclassificar”) conforme as categorias de potencial de adsorção (Tabela 5).

Tabela 5. Categorias de potencial de adsorção para o fator de retardo (RF).

<b>Fator de retardo (RF)</b>	<b>Potencial de adsorção</b>
1,0	Muito baixo
1,0 a 2,0	Baixo
2,0 a 3,0	Médio
3,0 a 10,0	Alto
> 10,0	Muito alto

Fonte: Khan e Liang (1989), Rao *et al.* (1985) e Santos (2017).

Por fim, os mapas de RF no formato vetorial poligonal foram gerados para as áreas com a cultura do café na sub-bacia do rio .

### Etapa 3 – Cálculo do fator de atenuação (AF) do movimento do agroquímico no solo

Nesta etapa, foi considerada a profundidade efetiva do sistema radicular do café assumida como sendo de 0,3 m e foi criada a imagem matricial representativa do modelo HAND (Height Above the Neareast Drainage – altura acima da drenagem mais próxima). Este modelo considera as informações topográficas do MDE do SRTM, direção de fluxo d’água, acumulação de fluxo d’água e drenagem para extrair

informações hidrologicamente consistentes de uma área necessária para a identificação da profundidade da água subterrânea a partir da superfície (L). Também a imagem matricial de recarga hídrica (q), considerando a lâmina de irrigação anual (I) de 1.200 mm, além das imagens matriciais de RF, valor FC,  $t_{1/2}$  e L, estas foram inseridas como variáveis independentes, usando a função “álgebra de mapas” para os 10 princípios ativos calculados por meio da Equação 5:

$$AF = \exp\left(\frac{-0,693 \cdot L \cdot RF \cdot FC}{q \cdot t_{1/2}}\right) \quad (\text{eq. 5})$$

Em que,

L: profundidade da água subterrânea (ou profundidade considerada) a partir da superfície do solo;

RF : fator de retardo;

FC : capacidade de campo do solo;

q : recarga líquida da água subterrânea; e

$t_{1/2 \text{ solo}}$ : meia vida do produto no solo;

Em seguida foram reclassificadas (função “reclassificar”) as imagens matriciais de AF de acordo com as categorias de potencial de lixiviação (Tabela 6).

Tabela 6. Categorias de potencial de lixiviação para o fator de atenuação (AF).

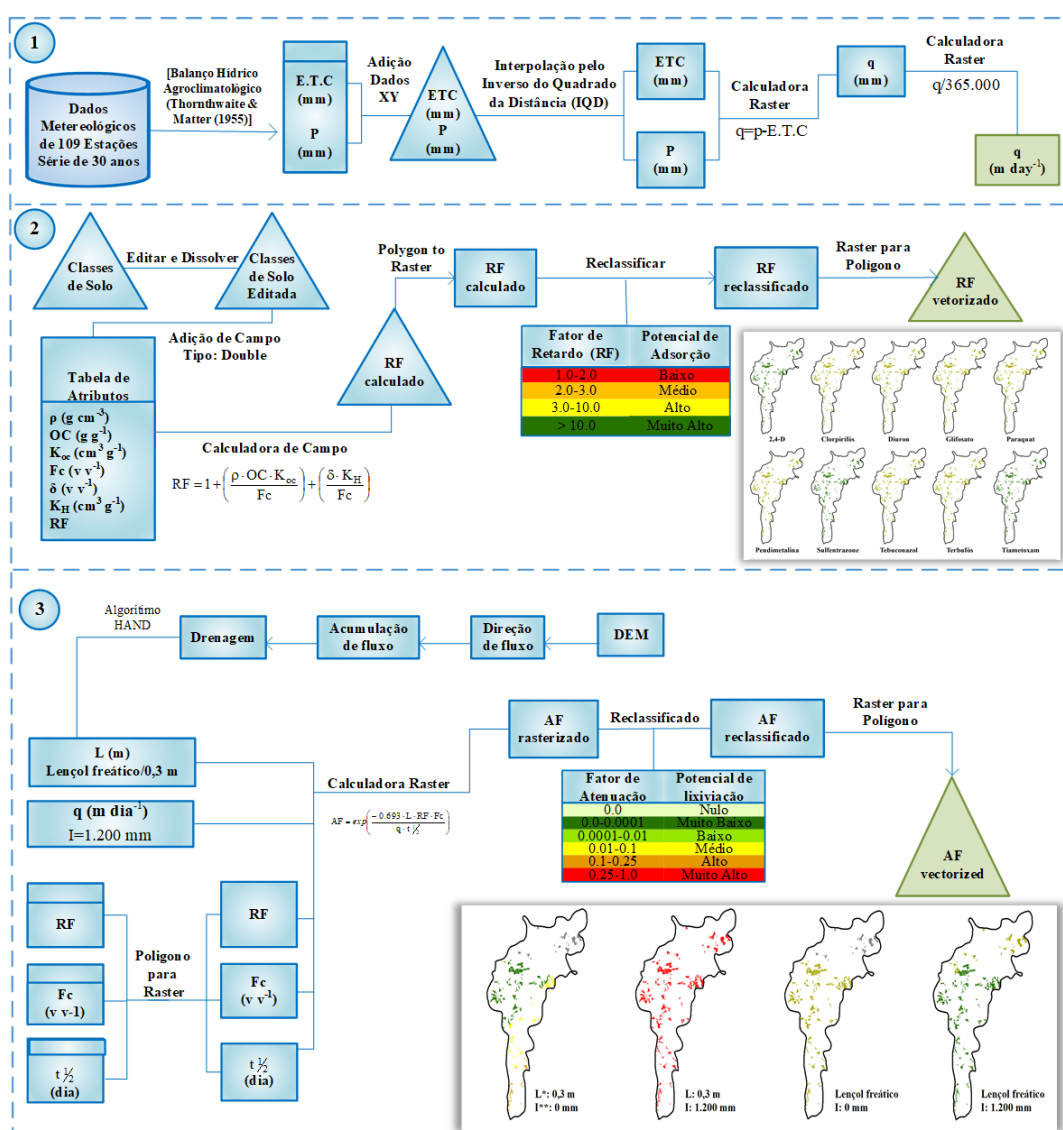
<b>Fator de atenuação (AF)</b>	<b>Potencial de lixiviação</b>
0,0	Nulo
0,0 a 0,0001	Muito baixo
0,0001 a 0,01	Baixo
0,01 a 0,1	Médio
0,1 a 0,25	Alto
0,25 a 1,0	Muito alto

Fonte: Khan e Liang (1989), Rao *et al.* (1985) e Santos (2017).

Por fim, os mapas de AF no formato vetorial poligonal foram gerados para as áreas com a cultura do café na sub-bacia do rio Baunilha-Espírito Santo.

Na Figura 9 são apresentadas as etapas metodológicas para a espacialização e avaliação do risco de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos nas áreas com a cultura do café na sub-bacia do rio Baunilha-Espírito Santo, empregando o método RF/AF.

Figura 9. Etapas metodológicas necessárias para a estimar o risco de lixiviação dos princípios ativos de agroquímicos empregando o método RF/AF para a sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.



- 1 Etapa 1 – Cálculo da taxa de recarga hídrica da água superficial
- 2 Etapa 2 – Cálculo do fator de retardo (RF) do movimento do agroquímico no solo
- 3 Etapa 3 – Cálculo do fator de atenuação (AF) do movimento do agroquímico no solo

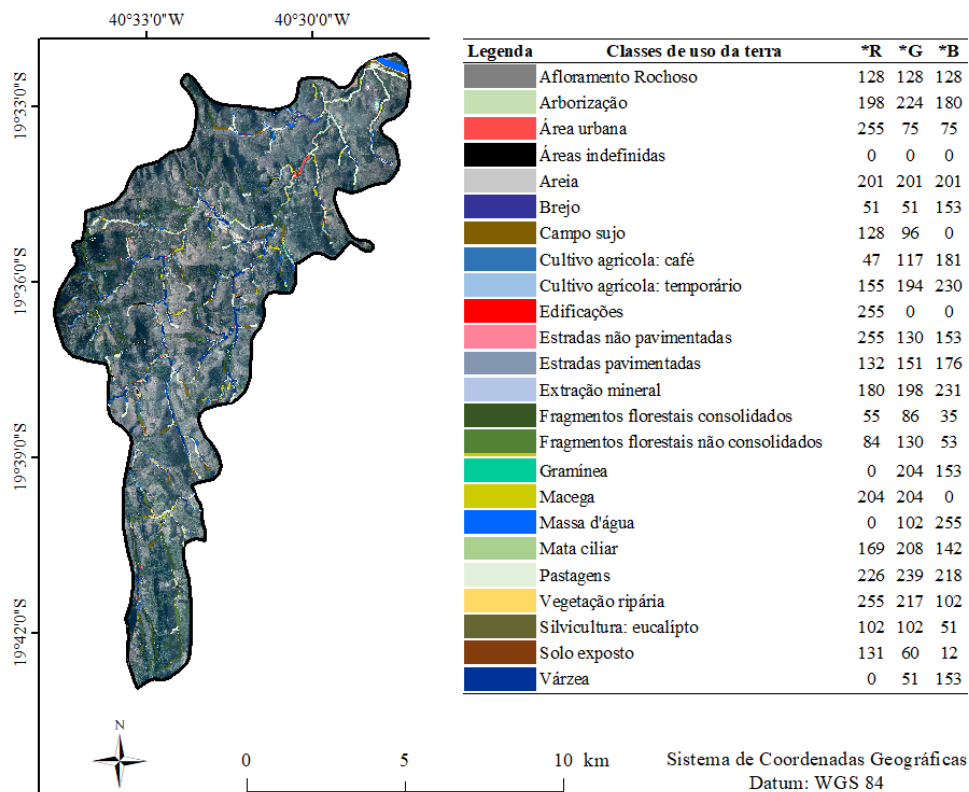
Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Santos (2017).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. FOTOINTERPRETAÇÃO DAS CATEGORIAS AMOSTRAIS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

Na Figura 10 está representado o mapa de uso e ocupação da terra, sendo possível a visualização de 24 classes de uso da terra fotointerpretadas, seguida da Tabela 7, com os dados da área ocupada por cada classe na sub-bacia do rio Baunilha, ES.

Figura 10. Uso e ocupação da terra da sub-bacia do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



\* RGB - sigla do sistema de cores aditivas formado pelas iniciais das cores em inglês Red (Vermelho), Green(verde) e Blue (Azul). Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 7. Quantificação das classes de uso e ocupação da terra.

<b>Id</b>	<b>Classes de uso da terra</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
01	Afloramento rochoso	7,71	8,86
02	Arborização	1,46	1,68
03	Área urbana	0,17	0,20
04	Áreas indefinidas	0,59	0,68
05	Areia	0,08	0,09
06	Brejo	0,44	0,51
07	Campo sujo	6,08	6,98
08	Cultivo agrícola: café	5,45	6,26
09	Cultivo agrícola: temporário	0,70	0,80
10	Edificações	0,42	0,49
11	Estradas não pavimentadas	1,97	2,26
12	Estradas pavimentadas	0,32	0,37
13	Extração mineral	0,72	0,83
14	Fragmentos florestais consolidados	15,43	17,74
15	Fragmentos florestais não consolidados	2,72	3,12
16	Gramínea	0,06	0,07
17	Macega	2,03	2,33
18	Massa d'água	0,92	1,06
19	Mata ciliar	0,02	0,02
20	Pastagens	32,92	37,85
21	Vegetação ripárias	0,05	0,05
22	Silvicultura: eucalipto	2,74	3,15
23	Solo exposto	2,11	2,42
24	Várzea	1,88	2,16
<b>TOTAL</b>		<b>86,99</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Por meio da fotointerpretação é possível identificar que as áreas urbanas e de edificações, onde está concentrada a população, estão situadas nos fundos de vale, regiões predominantes no revelo da sub-bacia (Figura 7). Apesar das áreas citadas representarem apenas 0,69%, é importante salientar que os fundos de vale são regiões susceptíveis ao potencial de contaminação do solo e água por sedimentos das regiões de maior altitude.

A principal cultura existente na sub-bacia do rio Baunilha é o Café, representando 6,26% da área, seguidos da silvicultura (3,15%) e cultivos temporários (0,80%). O café está espacializado por toda área da sub-bacia, sendo importante ressaltar que as lavouras estão alocadas próximo às massas d'água (1,06%) e cursos d'água. Provavelmente isso se deva ao fato de que estes favorecem a irrigação, porém,

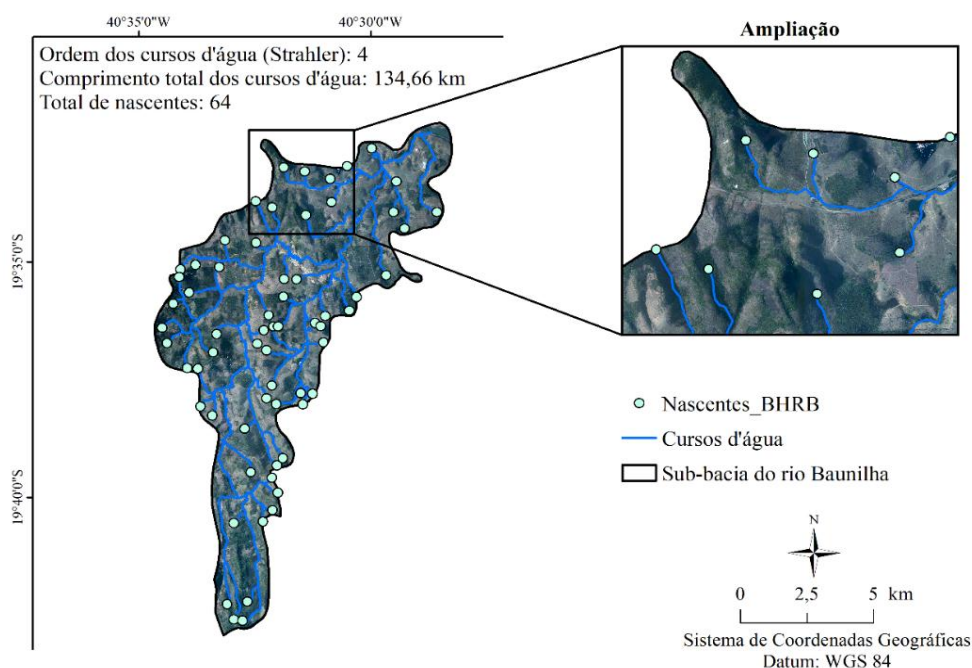
consequentemente também favorecem a lixiviação de princípios ativos dos insumos aplicados no manejo desta cultura, ponto que justificou os estudos de avaliação do potencial de lixiviação de agroquímicos para esta cultura, predominante na área de estudo.

Algumas áreas (estradas não pavimentadas, solo exposto e extração mineral) apresentam características de degradação ambiental e fonte de poluição das águas superficiais por meio do escoamento das águas da chuva. Todavia, em contrapartida, tem-se as áreas ocupadas por cobertura vegetal, como os Fragmentos florestais consolidados, Fragmentos florestais não consolidados, Mata ciliar, Arborização, Áreas indefinidas, Vegetação ripárias, que apesar de totalizarem apenas 32,53% da área, pontuam positivamente para a sustentabilidade do ecossistema da sub-bacia.

## 5.2. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) SOB A ÓTICA DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO

A partir do mapa vetorial de hidrografia, anteriormente digitalizado, foram demarcados 64 pontos representativos das nascentes e uma área total de 134,66 km<sup>2</sup> ocupada pelos cursos d'água, em toda bacia (Figura 11).

Figura 11. Nascentes e cursos d'água da sub-bacia do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.



## Delimitação das APP totais

O cálculo da área real dos diferentes tipos de cada APP e seus percentuais em relação à área total de APP e à área da sub-bacia estão na Tabela 8.

Tabela 8. Quantificação das APP na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil

APP	BUFF_DIST	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	APP (%)	Bacia (%)
Nascentes	Raio de 50m	0,21	25,52	2,43	0,25
Hidrografia	Buffer de 30m	8,40	262,89	95,57	9,68
Declividade	Acima de 45°	0,05	3,50	0,54	0,06
Topo de morro	Terço sup. de morro	0,13	2,92	1,45	0,15
Total	Sem sobreposições	8,79	294,84	100,00	10,13

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se na tabela 8 que as APP de nascentes ocupam cerca de 2,43% da sub-bacia. As áreas que circundam as nascentes são de fundamental importância, quando relacionadas à utilidade dos corpos hídricos por elas supridos, porque sem a proteção adequada no entorno das mesmas, o processo de degradação é favorecido.

Quanto às APP de curso d'água exibem o maior percentual de ocupação, sendo esse de 95,57% da sub-bacia. Estas APP são de extrema importância no manejo da qualidade da água e erosão do solo, uma vez que mantêm a consolidação das margens, impedindo o transporte de sedimentos para o rios e lagos, dentre eles os resíduos dos agroquímicos oriundos das aplicações realizadas nas regiões mais elevadas do terreno. Os resíduos interferem na qualidade da água, comprometem a estabilidade dos reservatórios e sistemas de irrigação, resultando diretamente em impactos no ecossistema de forma geral.

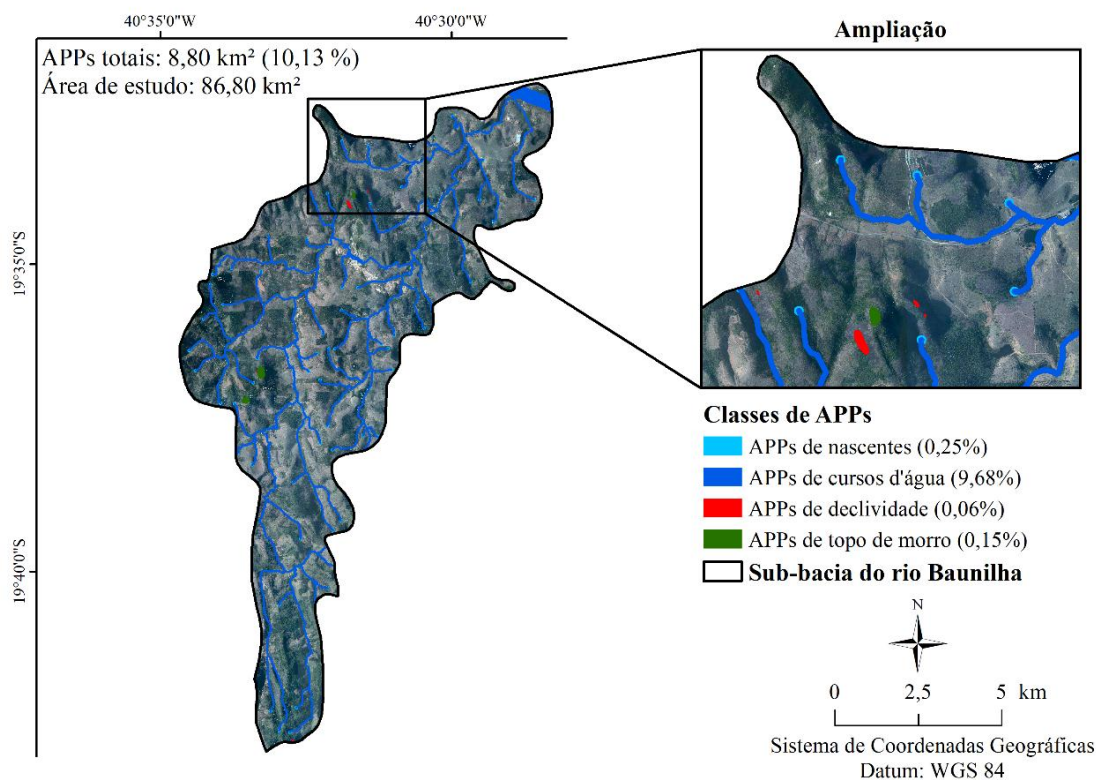
As APP de topo de morro ocupam uma área de 0,13 Km<sup>2</sup>, o que representa apenas 0,15% da área total da sub-bacia em estudo. Essa sub-bacia apresenta um relevo pouco acidentado, o que pode favorecer a exploração antrópica (uso da terra para cultivo), isto pode ser um ponto negativo para a mesma, visto que, a presença de APP de topo de morro são instrumentos relevantes na instância ambiental, pois integram a sustentabilidade do ecossistema, uma vez que mantêm a recarga de aquíferos, fundamental na manutenção dos cursos d'água e nascentes.

Segundo Varjabedian e Mechi (2013), as APP de Topo de Morro possuem um papel regulador do ciclo hidrológico e interferem em processos de escoamento

superficial das águas, infiltração, percolação e escoamento superficial. Por isso, sua preservação é de fundamental importância.

O mapa final das APP (Figura 12), sem sobreposição da sub-bacia do rio Baunilha, foi gerado a partir dos mapas de APP de cursos d'água, nascentes, declividade e topo de morro de forma individualizadas, que totalizam 10,13% do total da área da sub-bacia.

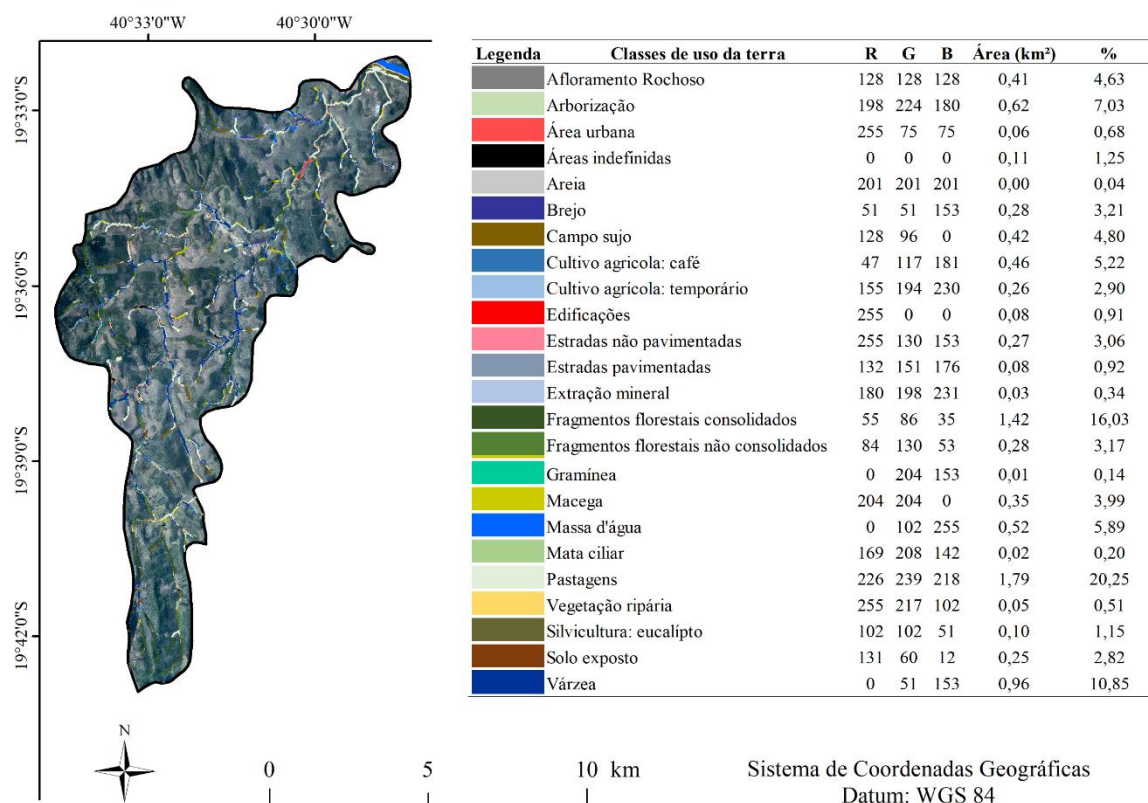
Figura 12. APP da sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora.

Através da intersecção dos mapas de APP e de uso e ocupação da terra foi realizado o confronto das áreas obtidas e os resultados estão dispostos na figura 13 e na tabela 9.

Figura 13. Confronto do uso e ocupação da terra com as APP totais



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9. Classes de uso da terra nas áreas de APP na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil.

Classes	Área km²	(continua)
		Área Km² (%)
Afloramento rochoso	0,41	4,63
Arborização	0,62	7,03
Área urbana	0,06	0,68
Áreas Indefinidas	0,08	0,91
Areia	0,11	1,25
Brejo	0,00	0,04
Campo sujo	0,28	3,21
Cultivo agrícola: café	0,42	4,80
Cultivo agrícola: temporário	0,46	5,22
Edificações	0,26	2,90
Estradas não pavimentadas	0,27	3,06
Estradas pavimentadas	0,08	0,92
Extração mineral	0,03	0,34
Fragmentos florestais consolidados	1,42	16,03
Fragmentos florestais não consolidados	0,28	3,17
Gramínea	0,01	0,14
Macega	0,35	3,99
Massa d'água	0,52	5,89

<b>Classes</b>	<b>Area km<sup>2</sup></b>	(Conclusão)
		<b>Área %</b>
Mata ciliar	0,02	0,20
Pastagens	1,79	20,25
Vegetação ripária	0,05	0,51
Silvicultura: Eucaliptos	0,10	1,15
Solo exposto	0,25	2,82
Várzea	0,96	10,85
<b>Total</b>	<b>8,85</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

As classes de uso da terra mapeadas estão situadas nas áreas destinadas às APP, sobretudo aquelas de ações antrópicas, no entanto, apenas as categorias que se enquadram no sistema antrópico caracterizam o conflito de uso. Verificou-se que a maior extensão ocorre as margens dos cursos d'água, o que demanda atenção.

Do total das áreas destinada às APP, 8,85% encontra-se em conflito com o uso da terra, sendo imprescindível, portanto, restaurar 8,8 km<sup>2</sup> da vegetação nativa. Segundo Valente (2016), as bacias com cobertura de floresta natural favorecem a proteção contra processos erosivos, assoreamento dos corpos de água, retenção de poluentes e lixiviação excessiva de nutrientes.

As pastagens equivalem 20,25% destas áreas e, quando bem manejadas, as pastagens formam um recobrimento superficial do solo, o que pode contribuir com a redução da velocidade do escoamento superficial, impossibilitando assim, que os sedimentos cheguem até os rios e ocorra a contaminação das águas superficiais. No entanto, por meio das imagens e aplicativos usados na fotointerpretação, é possível observar que as extensas áreas de pastagens apresentam um cenário de degradação, expondo completamente o solo, dificultando a absorção da água. Essas características deixam o solo susceptível à erosão hídrica e eólica, afetando a vazão e a longevidade das nascentes e cursos d'água.

O cultivo agrícola de café e de culturas temporárias ocupam juntos aproximadamente 10% das áreas conflitantes com as APP, o que torna evidente a importância dessas práticas agrícolas para a região. Todavia, é fundamental um manejo sustentável dessas culturas para tornar mínimos os impactos negativos sobre os recursos hídricos. A existência de áreas agrícolas nas APP pode favorecer o assoreamento e contaminação das nascentes e cursos de água (RANDHIR; EKNESS, 2013).

### 5.3. POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ATIVOS DE AGROQUÍMICOS PARA A CULTURA DE CAFÉ EMPREGANDO OS MÉTODOS GUS E LIX

A tabela 10 apresenta os resultados dos 10 princípios ativos avaliados quanto ao potencial risco de lixiviação pelos métodos LIX e GUS. O Sulfentrazona e o Tiametoxam foram os princípios ativos que apresentaram potencial de lixiviação no solo, levando em consideração os dois métodos de estudo. Isto é comprovado pelo tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) e o grau de adsorção do carbono ( $K_{oc}$ ) que exercem grande influência na percolação dos agroquímicos no solo. Para o Sulfentrazona e Tiametoxam, princípios ativos que apresentam alta mobilidade e baixos valores de coeficiente de carbono orgânico (43 e 54,2), o  $t_{1/2}$  é o que influencia na lixiviação. Quanto maior o seu valor, maior será o tempo para sua degradação durante a percolação no solo, elevando assim o potencial de contaminação de águas subterrâneas, (SANTOS, 2017; LOURENCETTI *et al.*, 2005; SPADOTTO, 2002; DE MATTOS; DA SILVA, 1999).

Tabela 10. Potencial risco de lixiviação de agroquímicos no solo, dos princípios ativos avaliados pelos métodos LIX e GUS.

Pesticidas	GUS	Classificação	LIX	Classificação
2,4-D	1,55	NL	0,00000	N
Clorpirifós	0,15	NL	0,00000	N
Diuron	2,05	FT	0,00057	ZT
Glifosato	1,00	NL	0,00000	N
Paraquat	-6,95	NL	0,00000	N
Pendimetalina	- 0,55	NL	0,00000	N
Sulfentrazona	6,47	PL	0,94640	PL
Tebuconazol	2,00	FT	0,00021	ZT
Terbufós	1,17	NL	0,00000	N
Tiametoxam	3,82	PL	0,45882	PL

N: Nulo, ZT: Zona de Transição, PL: Potencial de Lixiviação. NL: Não Sofre Lixiviação, FT: Faixa de Transição, PL: Provável Lixiviação. Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados expostos na tabela 10 permitem avaliar, em função das propriedades físico-químicas dos princípios ativos estudados, o provável potencial de lixiviação no sistema água-solo-planta.

Segundo Canuto *et al.* (2010), a aplicação dos modelos GUS e LIX permite avaliar o risco de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, podendo ser utilizado no estudo de diferentes agroquímicos, com mínimos recursos financeiros, quando comparados com análises laboratoriais, que envolvem métodos analíticos. O emprego dos modelos é, portanto, uma opção relevante para a verificação prévia do potencial de lixiviação dos princípios ativos, podendo ser empregado em áreas agrícolas de grande extensão, conferindo aos órgãos competentes mais agilidades nas tomadas de decisão (SANTOS, 2017; LOURENCETTI *et al.*, 2005).

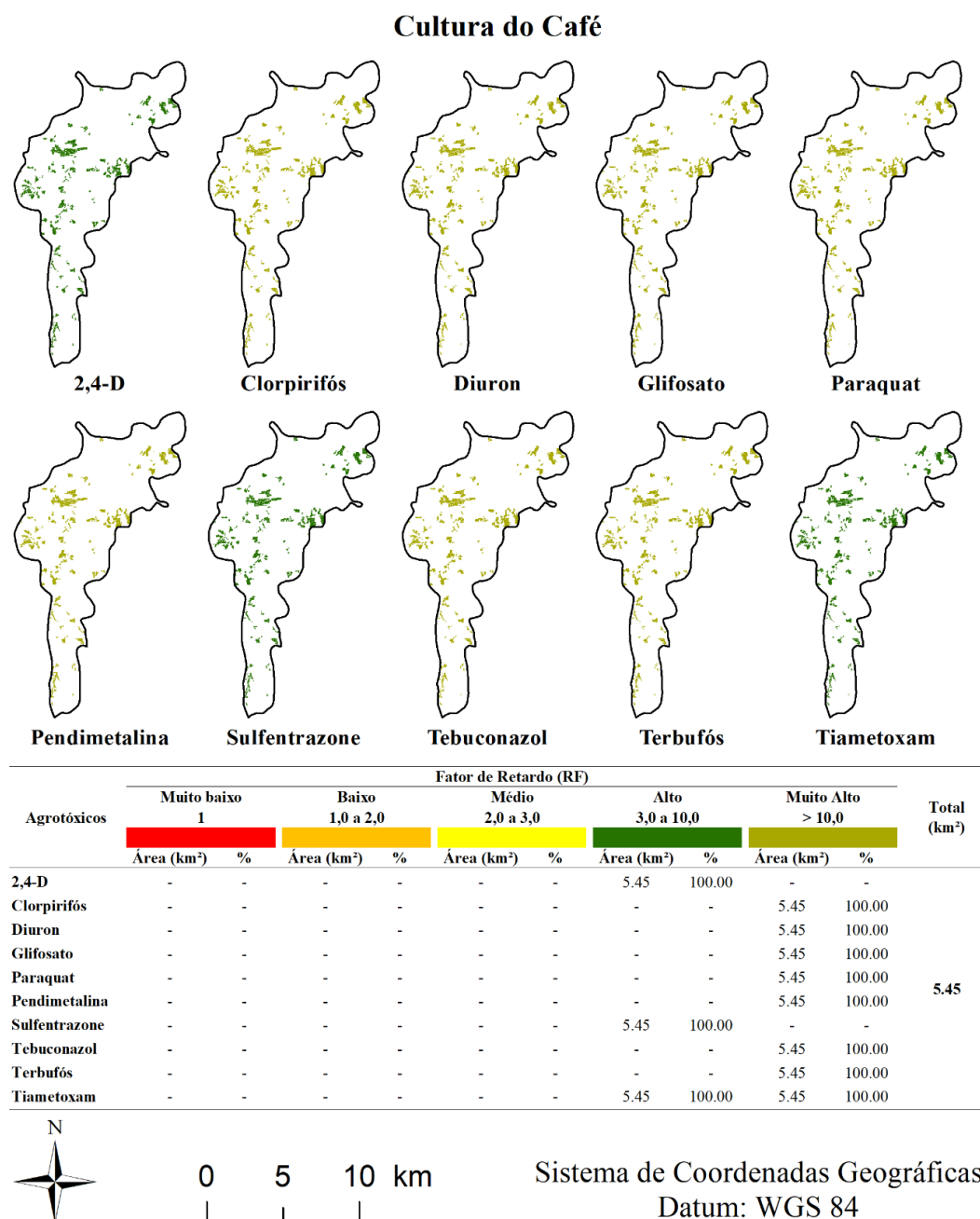
Para Gomes (2002) e Lourencetti *et al.* (2005), os métodos avaliados LIX e GUS não predizem o transporte de agroquímicos em uma circunstância real de campo, porém estimam o potencial de lixiviação do princípio ativo, correlacionando o mesmo princípio ativo com um outro nas mesmas situações ambientais (SANTOS, 2017; LOURENCETTI *et al.*, 2005; SPADOTTO *et al.*, 2002). Assim, a partir dos resultados obtidos, tanto para o índice de GUS, quanto para o de LIX, os dez princípios ativos avaliados apresentaram valores idênticos, acarretando os mesmos resultados em métodos distintos em função das suas físico-químicas.

O uso de modelos (LIX e GUS), que consideram apenas as propriedades físico-químicas dos agroquímicos pode não ser suficiente para determinar o potencial de lixiviação destes para a água subterrânea, sendo, portanto, necessário adotar outros modelos, baseados nas características físico-químicas do agrotóxico mas também nas características físicas do solo e geoclimáticas da área de estudo, sendo este o método RF/AF (Retardation and Attenuation Factor – Fator de Retardação e Atenuação).

#### 5.4 RISCO DE LIXIVIAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ATIVOS DE AGROQUÍMICOS EMPREGANDO O MÉTODO RF/AF

Os fatores de retardo (RF) dos princípios ativos autorizados para a cultura de café são apresentados na figura 14.

Figura 14. Fator de retardo (RF) dos agroquímicos avaliados para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

Dos dez princípios ativos avaliados para a cultura, três (2,4-D, Sulfentrazone e Tiametoxam) apresentaram alto potencial de adsorção em toda a área ocupada com o cultivo de café na sub-bacia. Os demais (Clorpirifós, Diuron, Glifosato, Paraquat,

Pendimentalina, Tebuconazol e Terbufós) apresentaram potencial de adsorção muito alto, destacando – se com 100% da área para a categoria.

Os princípios ativos que apresentaram alto potencial de adsorção (2,4-D, Sulfentrazona e Tiametoxam), apresentam alta solubilidade em água, os demais apresentam baixa solubilidade, com excessão do Glifosato e Paraquat.

Agroquímicos que apresentam baixa solubilidade, são propensos a se ligarem as particulas do solo, diminuindo sua movimentação e aumentando sua estabilidade. Segundo Gamal *et al.*, (2009) a adsorção pode resultar em um atraso na lixiviação, uma vez que, pode diminuir a atividade biologica e consequentemente, aumentar a taxa de degradação do agroquímico.

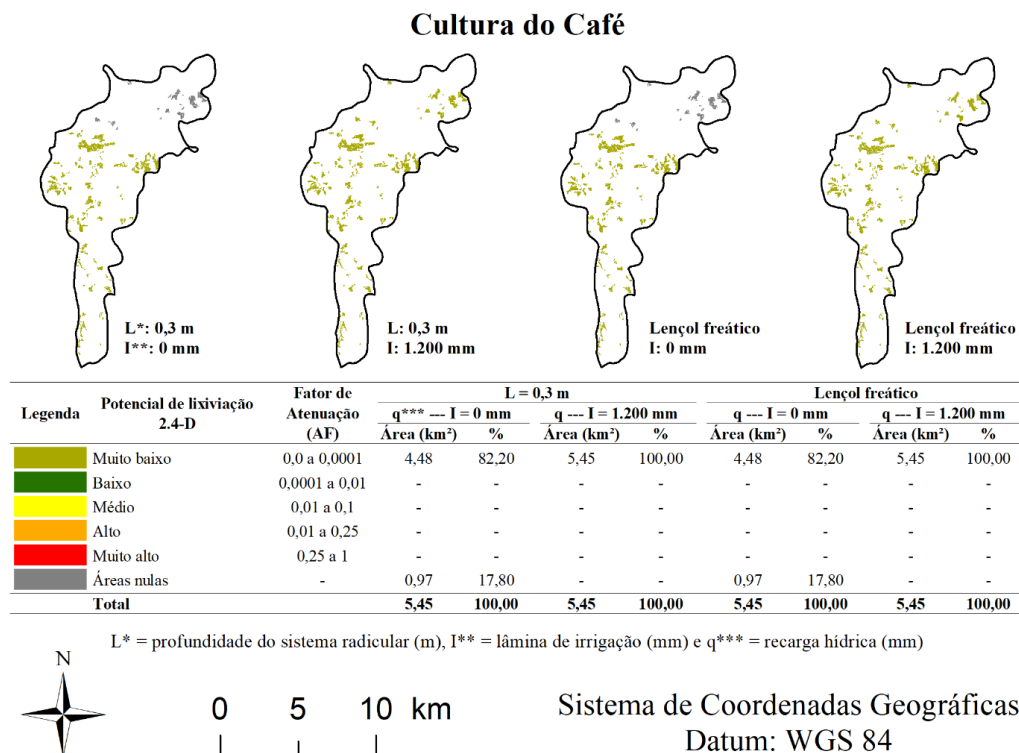
As Figuras 15 a 24 apresentam o fator de atenuação (AF) dos dez princípios ativos estudados, sendo eles: 2,4-D, Clorpirifós, Diuron, Glifosato, Paraquat, Pendimetalina, Sulfentrazona, Tebuconazol, Terbufós e Tiametoxam, para as áreas ocupadas com a cultura de café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha no estado do Espírito Santo.

Dos dez princípios ativos utilizados para a espacialização do fator de atenuação (AF), 8 (2,4-D, Clorpirifós, Diuron, Glifosato, Paraquat, Pendimentalina, Tebuconazol e Terbufós) apresentaram muito baixo potencial de lixiviação (Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 e 23). No entanto, para Sulfentrazona e Tiametoxam foram encontrados valores representativos para as categorias variando de muito baixo a muito alto potencial de lixiviação (Figuras 21 e 24).

Para os princípios ativos 2,4-D, Clorpirifós, Diuron, Glifosato, Paraquat, Pendimetalina, Tebuconazol e Terbufós (Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 e 23, respectivamente), os resultados obtidos apresentaram 17,8% de áreas nulas e 82,20% de áreas com o potencial de lixiviação muito baixo em relação as demais categorias, tanto considerando a profundidade do sistema radicular de 0,3 m quanto o nível de lençol freático. Mesmo quando simulada uma lâmina de irrigação de 1.200 mm, o potencial de lixiviação manteve-se como muito baixo em 100% da área ocupada com o cultivo de café.

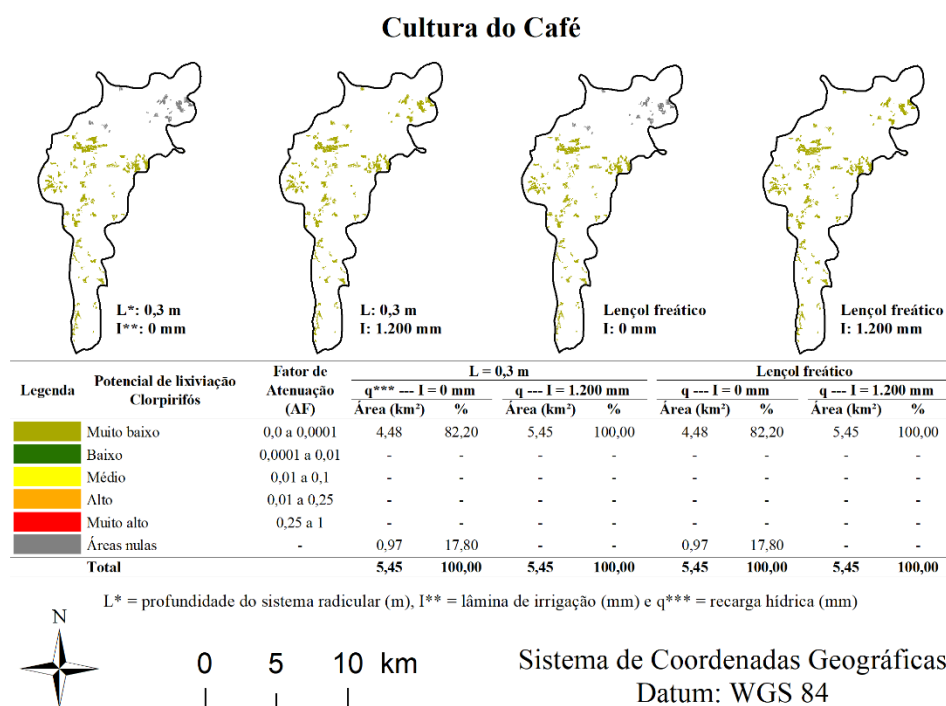


Figura 15. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo 2,4-D avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



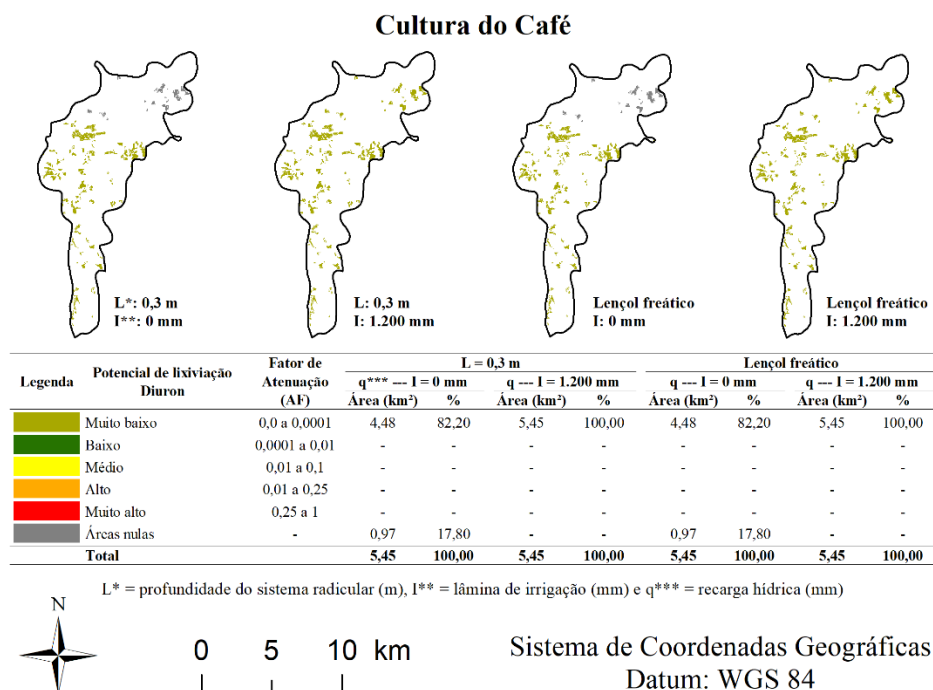
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 16. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Clorpirifós avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



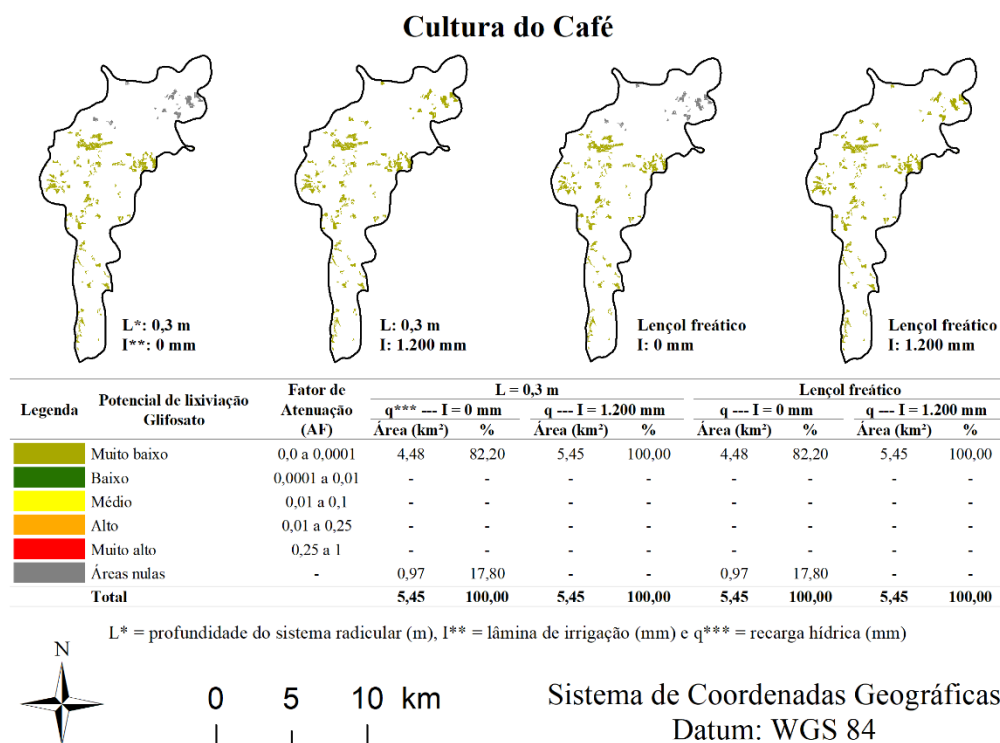
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Diuron avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



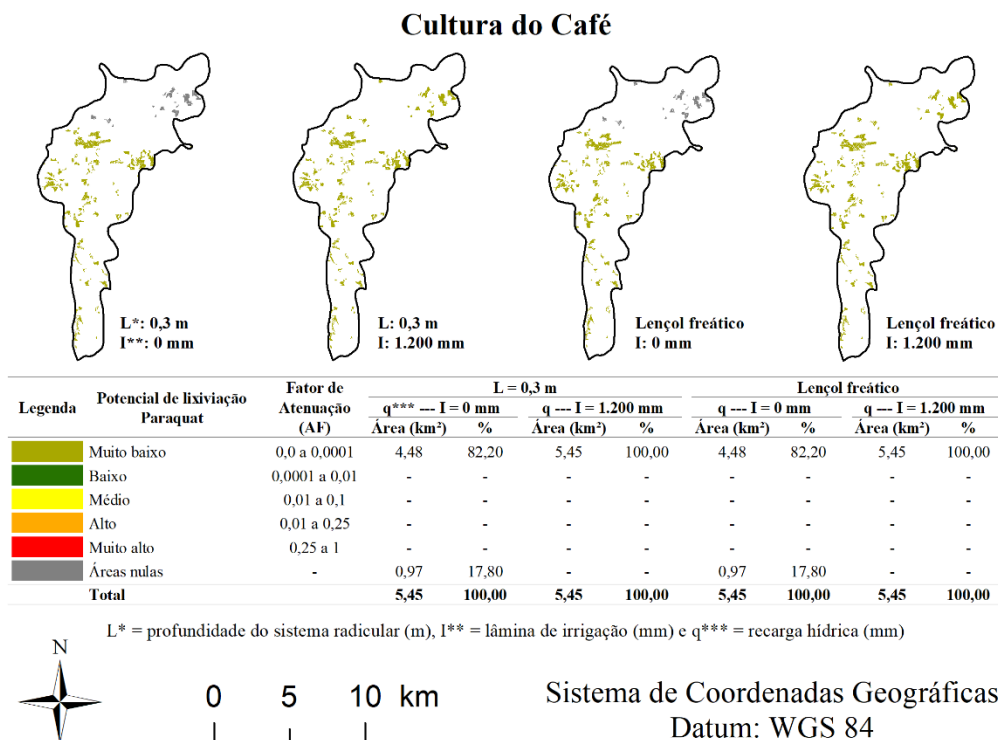
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Glifosato avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



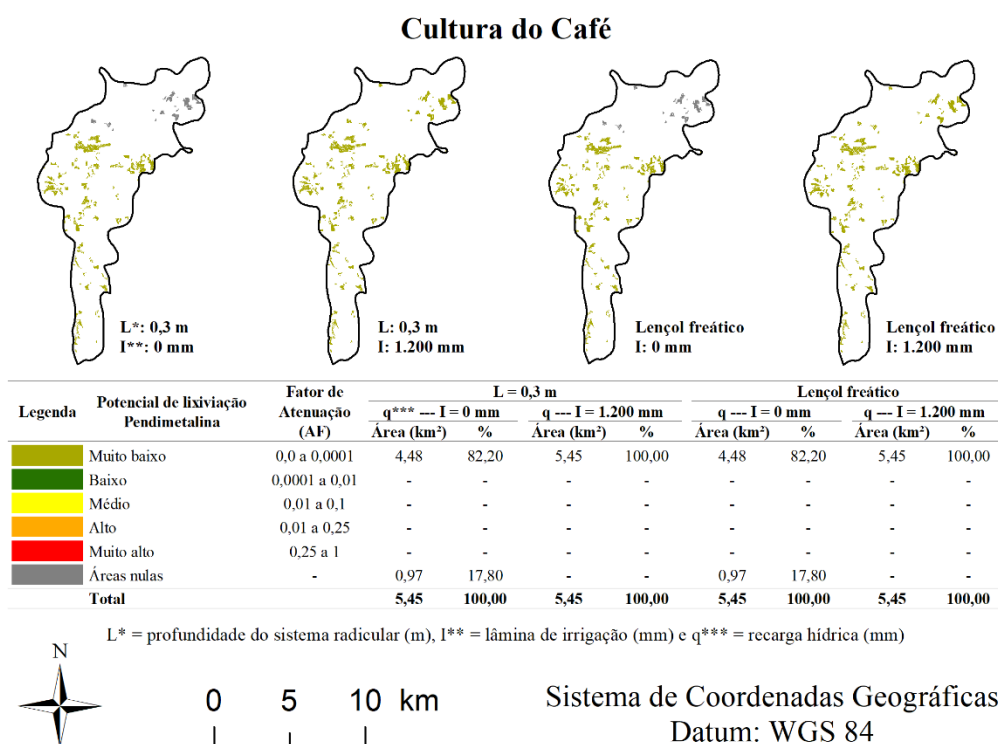
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 19. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Paraquat avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



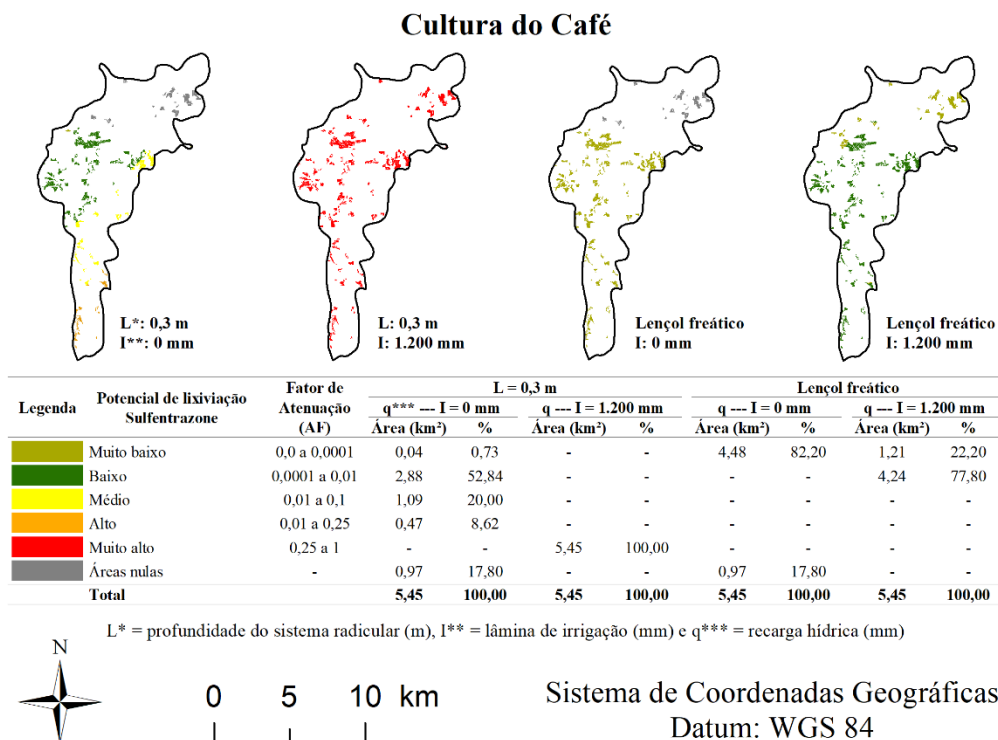
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Pendimetalina avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



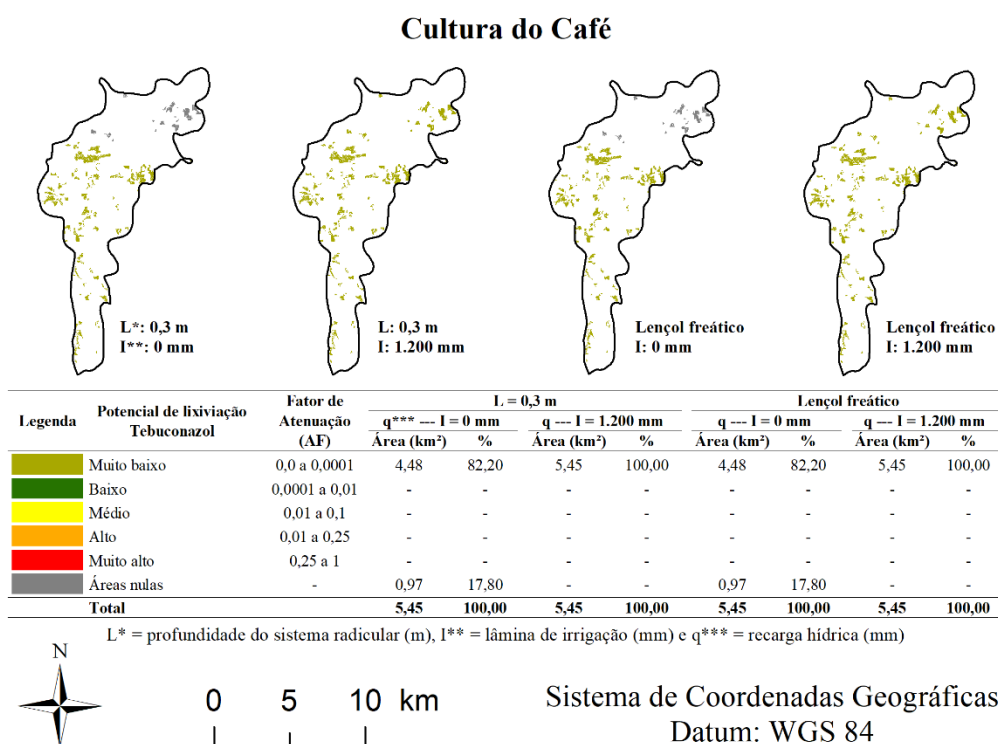
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 20. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Sulfentrazona avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



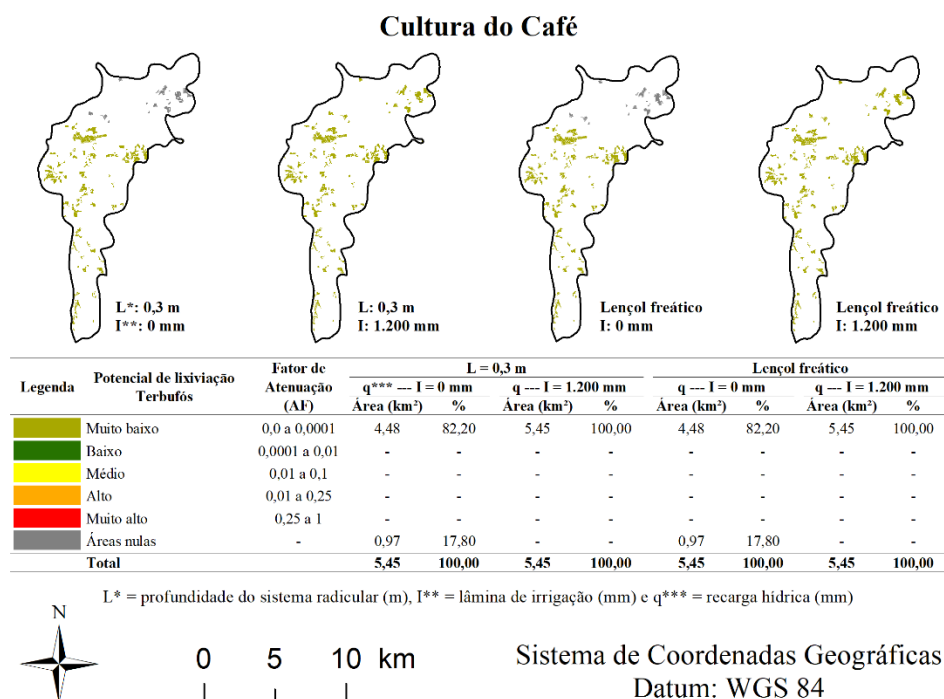
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 21. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Tebuconazol avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



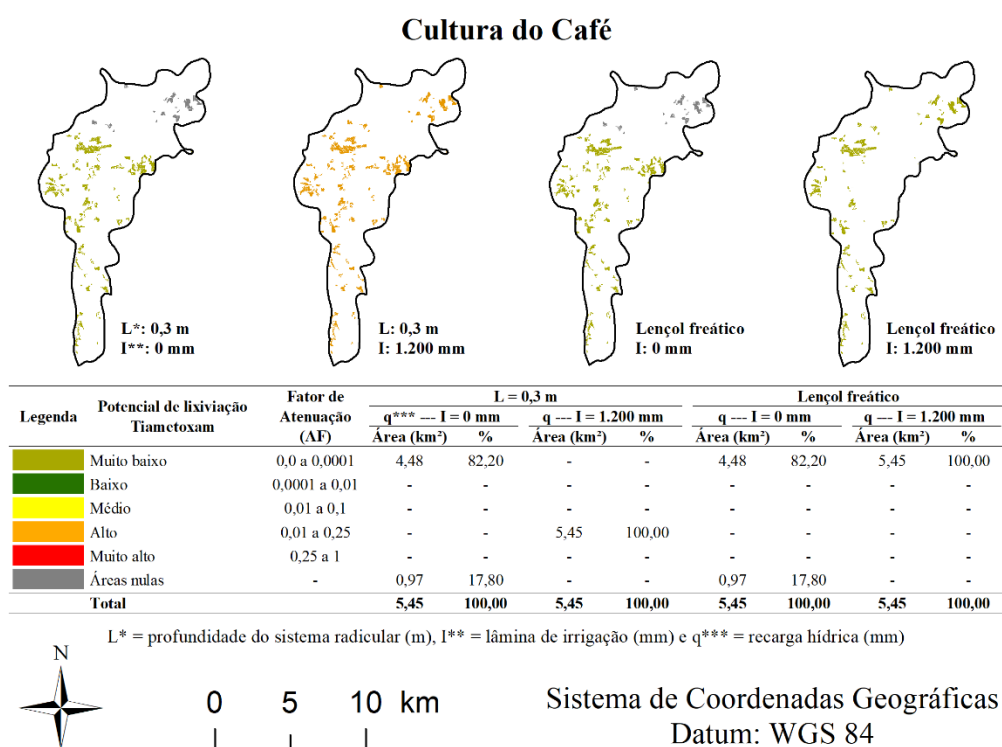
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 22. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Terbufós avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 23. Fator de atenuação (AF) do princípio ativo Tiametoxam avaliado para a área de cultivo do café na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

Alguns destes agroquímicos apresentam características de baixa solubilidade e baixo potencial de lixiviação, tendo sua movimentação restrita na superfície do solo, no entanto, em solos com baixo teor de matéria orgânica o processo de dessorção é mais intenso que o de sorção, fator que favorece a lixiviação (CARVALHO *et al.*, 2013).

O princípio ativo Sulfentrazona (Figura 21), quando considerada a profundidade do sistema radicular de 0,3 m, variou de muito baixo com 0,73% da área a alto, com 8,62%, sendo que a categoria, baixo, representou 52,84%, a média 20% e 17,8% foi de nulo potencial de lixiviação. Porém, simulando a lâmina de irrigação de 1.200 mm, apresentou muito alto potencial de lixiviação (100%). Em nível de lençol, verificou-se 82,20% muito baixo potencial de lixiviação e 17,8% de áreas nulas, e quando simulado a lâmina de irrigação (1.200 mm) em nível de lençol, o potencial de lixiviação varia entre muito baixo (22,20%) a baixo (77,80%). Foi o princípio ativo que apresentou as maiores variações de valores entre as categorias de potencial de lixiviação.

O sulfentrazona é um ácido fraco, considerado pouco volátil e caracterizado como hidrofílico, apresenta alta persistência no solo, sendo, que sua mobilidade varia em função do pH. Quando este aumenta, sua sorção diminui. Quando o valor de pH é maior que o do pKa do agroquímico sua forma ionizada predomina; do contrário, predomina a forma molecular e consequentemente o aumento da sorção (FERNANDES *et al.*, 2011). Portanto pode se tornar uma fonte de contaminação das águas subterrâneas, principalmente em solos com baixos teores de carbono orgânico.

Para o princípio ativo Tiametoxam (Figura 24), considerando a profundidade radicular de 0,3 m e simulando a lâmina de irrigação (1.200 mm), os resultados obtidos revelaram valores de 100% alto potencial de lixiviação.

O Tiametoxam possui alta solubilidade em água e consequentemente baixa afinidade com moléculas da fase sólida do solo e alto potencial de lixiviação. Provavelmente, são adsorvidos ao solo por ligações fracas do tipo ponte de hidrogênio com os grupos carboxílicos presentes na matéria orgânica, Carvalho *et al.*, (2013) e Castro *et al.*, (2008), durante dois anos de experimento e sob condições naturais de precipitação, observaram alto potencial de lixiviação do tiametoxam, em colunas de 45 cm de profundidade de um Latossolo, onde 56% do total do agroquímico aplicado sofreu lixiviação. No presente estudo, entretanto, o potencial de lixiviação manteve-se como muito baixo (82,20%), a nível de lençol freático ao simular uma lâmina de

irrigação de 1.200 mm, apresentando 17,80% das áreas (0,97 Km<sup>2</sup>) com nulo potencial de lixiviação considerando a profundidade do sistema radicular.

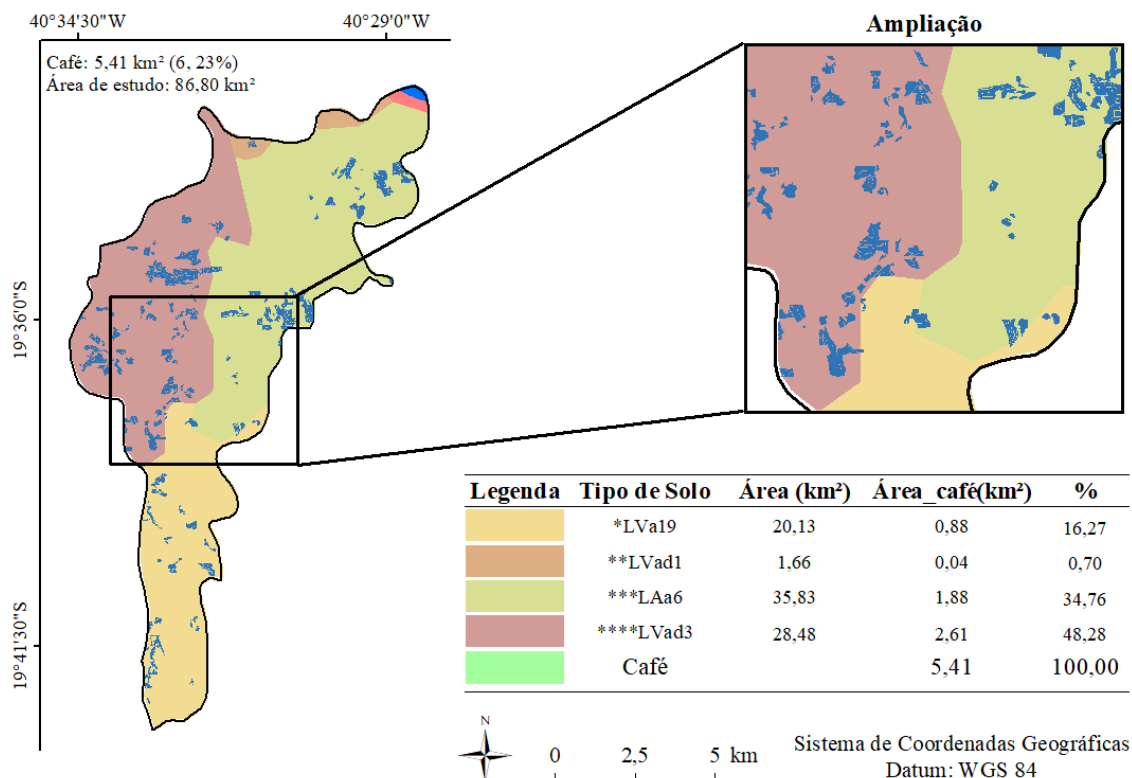
Magalhães et al., (2012), em estudo de sorção do tiametoxam em condições próximas às condições naturais, afirma que, a lixiviação das moléculas de tiametoxam é influenciada principalmente por fatores que interferem na condutividade hidráulica do solo (textura, densidade, matéria orgânica, manejo do solo etc.), o que determina maior ou menor tempo de contato das moléculas do princípio ativo com as partículas do solo.

O solo predominante na região da sub-bacia é o Latossolo, com suas variações (Amarelo álico, Amarelo distrocoeso, Vermelho-Amarelo álico, Vermelho-Amarelo álico distrófico, Vermelho-Amarelo álico distrófico com afloramento rochoso), em função da sua textura e mineralogia, são caracterizados por apresentarem textura superficial franco-arenosa e baixos teores de matéria orgânica (CARVALHO, 1994). Em geral, são solos muito permeáveis, com exceção dos Latossolo Amarelos, e isso favorece a lixiviação.

A incidência de chuvas pesadas, após a aplicação do tiametoxam em solos com cultivo de café, em condições práticas de uso desse agroquímico, pode afetar a sua eficiência e favorecer sua lixiviação (SANTOS, 2017; COSTA, 2015).

Conforme apresenta a Figura 24, o cultivo de café está espacializado em toda área da sub-bacia, no entanto, os solos com maior porcentagem de área com cultivo de são os do tipo Latossolo Amarelo distrocoeso (LAa6), Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico com afloramento rochoso (LVad3), com (48,28% e 34,76%), respectivamente. São solos com saturação por bases < 50% (quimicamente pobres) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e com caráter coeso em um ou mais horizontes dentro de 150 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2013). Isso indica que são muito intemperizados, baixo teor de matéria orgânica e os amarelos ainda apresentam baixa permeabilidade no horizonte B.

Figura 24. Confronto dos tipos de solo com as áreas de cultivo do café



\*LVa19 - Latossolo Vermelho-Amarelo álico, \*\*LVad1 - Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico, \*\*\*LAa6 - Latossolo Amarelo distrocoeso, \*\*\*\*LVad3 - Latossolo Vermelho-Amarelo álico distrófico com afloramento rochoso. Fonte: Elaborado pela autora.

Dos métodos apresentados neste estudo, o método RF/AF melhor representa o potencial de lixiviação para os princípios ativos no solo, pois, considera não apenas as propriedades físico-químicas dos princípios ativos, mas também as variáveis do solo. Dos dez princípios ativos avaliados para a cultura de café, considerando-se a profundidade do sistema radicular de 0,3 m e lâmina de 1.200 mm, oito destacam-se com potencialidade de lixiviação variando de nulo a muito baixo, sendo eles, 2,4-D, Clorpirifós, Diuron, Glifosato, Paraquat, Pendimetalina, Tebuconazol e Terbufós (Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 e 23, respectivamente). Cabe destacar que o Sulfentrazona apresentou muito alto potencial de lixiviação apenas quando considerado a profundidade radicular de 0,3 m simulando uma lâmina de irrigação de 1.200 mm, com áreas nulas a nível de lençol freático.

Apesar da sub-bacia do rio Baunilha apresentar poucas áreas declivosas, e os resultados dos métodos RF/AF, para a maioria dos princípios ativos estarem entre as categorias de potencial de lixiviação nula e muito baixo, é importante considerar os



possíveis riscos de contaminação das águas superficiais, decorrente de processos erosivos, visto que estas áreas encontram-se próximas de plantações passíveis de aplicação de agroquímicos para controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

A lixiviação é um fator que compromete os recursos hídricos, por carrear resíduos dos agroquímicos inerentes à atividade agrícola, que na classe de Latossolos pode ser intensa quando a região apresenta uma precipitação pluviométrica bem distribuída, que é o caso da sub-bacia em estudo. O aporte de matéria orgânica neste tipo de solo é de suma importância, uma vez que ela possui a capacidade promover a complexação dos agroquímicos (LACERDA *et al.*, 1989).

Quando em temperaturas elevadas, características do meses de novembro a março (Figura 4), os agroquímicos sofrem maior degradação (ANDRADE *et al.*, 2011), porém, é preciso redobrar a atenção para a aplicação de agroquímicos justamente nestes meses, visto que, são representativos do período chuvoso da região (Figura 5), o que favorece a lixiviação de agroquímicos no solo. Assim, as condições edafoclimáticas da sub-bacia são determinantes para o processo de lixiviação dos agroquímicos (SPADOTTO; GOMES, 2017).

## 6. CONCLUSÃO

Dos princípios ativos avaliados quanto ao risco de lixiviação na cultura do café (2,4-D, Clorpirifós, Diuron, Glifosato, Paraquat, Pendimetalina, Tebuconazol, Terbufós, Sulfentrazone, e Tiametoxam) o Sulfentrazone e o Tiametoxam foram os que apresentaram alto e muito alto potencial de lixiviação, considerando a profundidade da raiz de 0,30 m e a simulação de lâmina de irrigação de 1.200 mm.

Os métodos de avaliação de risco de lixiviação dos agroquímicos para águas subterrâneas (GUS, LIX e RF/AF) empregados neste estudo, fornecem subsídios em estudos de cunho ambiental, para antepor quais agroquímicos precisam receber maior atenção ao serem aplicados, uma vez que, os resultados obtidos quanto ao potencial de lixiviação foram concordantes entre os métodos, no entanto, o método RF/AF pode resultar em melhor simulação da realidade, uma vez que, considera não apenas as maior número de fatores, tais como as propriedades dos pesticidas, do solo, e as condições climáticas.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) associados com estes métodos, contribuiu com grande precisão para o desenvolvimento do estudo, atuando como importante ferramenta para obtenção dos resultados, tornando possível avaliar o risco de lixiviação de agroquímicos considerando a cultura predominante, bem como as características edafoclimáticas da sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha, ES.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ADAPAR - Agência de Defesa Agropecuária do Paraná - ADAPAR.** Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/>>.

### **AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários.**

ALKHARABSHEHA, M. Minwer et al. Impact of Land Cover Change on Soil Erosion Hazard in Northern Jordan Using Remote Sensing and GIS. **Procedia Environmental Sciences**, v. 19, p. 912–921, 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187802961300371X>>.

ALMEIDA, Mirella Dias et al. A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 7, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2017000703001&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2017000703001&lng=pt&tlng=pt)>.

AMÉRICO, Juliana Heloisa Pinê et al. O Uso De Agrotóxicos E Os Impactos Nos Ecossistemas Aquáticos. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 13, p. 101–115, 2015. Disponível em: <[http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap\\_brasil/article/view/1149](http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/1149)>.

ANDRADE, A S et al. Análise de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Paranaíba - MG. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1129–1135, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422011000700005&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000700005&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>.

ANDRADE, André Santana et al. Análise de risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas em municípios do Alto Paranaíba - MG. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1129–1135, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422011000700005&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000700005&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 23 maio 2017.

BACANI, Vitor Matheus et al. Sensoriamento Remoto e sig aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Revista Mercator**, v. 14, n. 2, p. 119–135, 2015. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/1651>>.

BORSOI, Augustinho et al. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. **Acta Iguazu**, v. v.3, n.1, n. November 2015, p. 86–100, 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 – Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa.** . [S.l: s.n.]. , 2012

BRASIL, Lei Federal 7.802 de 11/07/89. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a cl.** **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm)>. , 1989

BURIGO, André. Impacto dos Agrotóxicos na alimentação , saúde e meio ambiente. p. 94, 2016. Disponível em: <<http://www.mobilizadores.org.br/wp->

content/uploads/2016/08/Cartilha-Agrotoxicos-final.pdf>.

CARVALHO, S. A.; LIMA, J. M.; CURI, N.; SILVA, C. A.; TOLEDO, J. P. V. F.; SOARES, F. V. Coeficiente de distribuição do inseticida tiametoxam na fração mineral de solos sob efeito de ácidos orgânicos mono, di e tricarboxílicos. **Química Nova**, v. 36, p. 1323–1331, 2013.

CARVALHO, A.P. Solos do arenito caiua. 1994.

CASTRO, Nélío Ricardo Amaral et al. Leaching of the insecticide thiamethoxam in macrolysimeters of two soil classes. **Ciênc. agrotec**, v. 32, p. 1818–1823, 2008.

CHABOUSSOU, Francis. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**. São Paulo – SP: [s.n.], 2006.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003 – Institui a divisão hidrográfica nacional**. [S.l: s.n.], 2003

COSTA, ALISSON LUCRECIO DA. **LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES, ELEMENTO TRAÇO E TIAMETOXAM EM SOLOS COM CAFEEIRO, SOB EFEITO DO USO SUCESSIVO DE LODO DE ESGOTO**. 2015. 192 f. Universidade Federal de Lavras - UFLA, 2015.

COUTINHO, H L C et al. **Análise espacial do potencial de lixiviação de herbicidas em áreas de recarga do aquífero Guarani na Alta Bacia do rio Taquari, MS**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

DOS SANTOS, Gleissy Mary Amaral Dino Alves et al. GIS applied to agriclimatological zoning and agrotoxin residue monitoring in tomatoes: A case study in Espírito Santo state, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 429–439, 2016a.

\_\_\_\_\_. GIS applied to agriclimatological zoning and agrotoxin residue monitoring in tomatoes: A case study in Espírito Santo state, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 429–439, jan. 2016b. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479715303388>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília - DF: [s.n.], 2013. Disponível em: <[livraria.sct.embrapa.br/liv\\_resumos/pdf/00053080.pdf%0A](http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf%0A)>.

FENGLER, Felipe H et al. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013. v. 19, n. 4, p. 402–408, 2015.

FERNANDES, Maurílio; OLIVEIRA, De; MAGNO, Alexandre. **Comportamento dos Herbicidas no Ambiente**. [S.l: s.n.], 2011.

FLINKLER, Raquel. ANA - A Bacia Hidrográfica. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**, p. 1–55, 2014.

FLOSS, Vagner Medeiros. **Determinação multirresíduo de agrotóxicos em água empregando Microextração líquido-líquido dispersiva (dlme) e gc-ms/ms**. 2015. 2015.

FORTES B. M., Zappe J. A Química dos Agrotóxicos. v. 34, p. 10–15, 2012. Disponível em: <[qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_1/03-QS-02-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf)>.

GAMA, Allyne F.; OLIVEIRA, André H. B. de; CAVALCANTE, Rivelino M. Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido

cearense. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 462–467, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422013000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 23 maio 2017.

GAMAL S. ELSHAFFI, NAS NAS, AYMAN SM HASSAN, SGM Mohammad. Cinética e termodinâmica da adsorção de cadusafos em solos. **Jornal de Materiais Perigosos**, v. 172, p. 1608–1616, 2009.

GASS, Sidnei Luís Bohn et al. Áreas de preservação permanente (APP) no Brasil e na França: um comparativo. **Confins**, n. 27, 14 jul. 2016. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/10829>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

GOMES, MARCO ANTONIO FERREIRA; SPADOTTO, CLÁUDIO A; PESSOA, MARIA CONCEIÇÃO P Y. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 12, 2002a.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 11. ed. [S.l.: s.n.], 2012.

GUERRERO, E. **Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica**. [S.l.]: El Enfoque Ecosistémico aplicado a la gestión del agua. Una perspectiva desde América Latina, 2007.

GUSTAFSON, D. L. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, p. 339–357, 1989.

HEINK, Ulrich; KOWARIK. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. **Ecological Indicators**, v. 10, p. 584–593, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>.

**INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO (IDAF)**. Disponível em: <<https://idaf.es.gov.br/agrotoxicos>>.

IUPAC. **Pesticide Properties Database (PPDB)**. Disponível em: <<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

KHAN, M Akram; LIANG, Tung. Mapping pesticide contamination potential. **Environmental Management**, v. 13, n. 2, p. 233–242, mar. 1989. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF01868370>>.

LACERDA, L.D.; SOUZA, C.M.M.; PESTANA, M.H.D. Trace metals geochemical associations in sediments of a non contaminated estuary. **Ciência e Cultura**, v. 40, n. 3, p. 301–304, 1989.

LADISLAU ARAÚJO SKORUPA. Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável. **Embrapa Meio Ambient**. Jaguariúna: [s.n.], 2003. p. 1–4.

LIMA BOHNER, Tanny Oliveira; ARAÚJO, Luiz Ernani Bonesso; NISHIJIMA, Toshio. O impacto ambiental do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, n. 0,

p. 329, 2013. Disponível em:

<<http://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/view/8280>>.

LÖBLER, Carlos Alberto; SILVA, José Luiz Silvério da; TERRA, Lueni Gonçalves. Mapeamento Da Vulnerabilidade Das Águas Subterrâneas E Uso Do Solo Na Área Urbana Do Município De Nova Palma, Rs. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, 2014.

Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/14843>>.

LONDRES, Flávia. **AGROTÓXICOS NO BRASIL um guia para ação em defesa da vida**. [S.l: s.n.], 2011.

LONG, J., SHELHAMER, E., AND DARRELL, T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. 2014.

LORENA, Rodrigo Borrego et al. Mapeamento e análise do uso e cobertura da Terra do Estado do Espírito Santo - 2012, a partir de imagens de sensoriamento remoto.

**Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE**, n. April 2013, p. 6917–6922, 2013.

LOURENCETTI, CAROLINA et al. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR PESTICIDAS: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PREVISÃO DE LIXIVIAÇÃO. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, 2005. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/4504>>.

LOURENCETTI, Josiane; PRATES, Marcelo Marconato; BURKERT, Denilson. Water Quality Profile of Wells in Adamantina – Sp, Brazil. **Nucleus**, v. 12, n. 2, p. 141–156, 2015. Disponível em:

<<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1445/1859>>.

LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G.. **Delimitação de corredores ecológicos no ArcGIS 9.3**. Alegre: CCAUFES, 2010.

MAGALHÃES, Ciro Augusto de Souza et al. Sorção e lixiviação de tiametoxam em solos tratados com lodo de esgoto e cultivados com cafeeiro. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 871–875, 2012. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422012000500002&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000500002&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>.

MANZIONE, R.L.; ZIMBACK, C.R.L. Análise Espacial Multivariada Aplicada na Avaliação da Fertilidade do Solo. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 19, n. 3, p. 227–235, 2011. Disponível em:

<<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/153-reveng/v19n03/612-v19n03a05.html>>.

MARQUES, Maria Nogueira et al. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio ribeira de iguape, São Paulo. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1171–1178, out. 2007. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000500023&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500023&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 23 maio 2017.

MARTINI, Luiz Fernando Dias et al. Risco de contaminação das águas de superfície e subterrâneas por agrotóxicos recomendados para a cultura do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1715–1721, out. 2012. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782012001000001&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012001000001&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 23 maio 2017.

MASEK, Jeffrey G. et al. The role of remote sensing in process-scaling studies of managed forest ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 355, p. 109–123, 2015.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati De. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. [S.l.: s.n.], 2012.

MONDAL, P.; SOUTHWORTH, J. Evaluation of conservation interventions using a cellular automata-Markov model. **Forest Ecology and Management**, v. 260, p. 1716–1725, 2010.

NASCIMENTO, PAULO CÉSAR; BISSANI, CARLOS ALBERTO; LEVIEN, Renato ;; FINATO, TATIANA E MEDEIROS, Paula Suelen Corrêa. Influência do uso da terra em atributos físicos e químicos do solo na região da Serra do Sudeste - RS. v. 8, n. 2, p. 1–6, 2013.

NUNES, A. B.; LEITE, E. F. Geoprocessamento aplicado à determinação do uso e cobertura da Terra da bacia hidrográfica do Rio Areias. **Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014 Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, p. 121 -128, p. 121–128, 2014.

OLIVEIRA, Éder Henrique de. **A utilização das geotecnologias no ensino de geografia**. 2013. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2013.

OLIVEIRA, Fernando Soares de. **Magister Scientiae**. 2006. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, Antomar Viegas de. Áreas de Preservação permanente no Novo Código Florestal. **Revista Síntese direito ambiental**, v. 2, p. 9–22, 2012.

OZTURK, M. COPTY, N. K.; SAYSEL, A. K. Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed. **Journal of Hydrology**, v. 497, p. 97–109, 2013.

PELUZIO, Telma Machado de Oliveira. **LÓGICA FUZZY NA DETERMINAÇÃO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA COLETA DE SEMENTES**. 2017. Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

PESSOA, M C P Y et al. **Software. AGROSCRE – Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Pesticidas. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 26**. . Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. Disponível em:

<[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5802/1/boletim\\_26.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5802/1/boletim_26.pdf)>. , 2004

POELMANS, L.; ROMPAEY, A. V; BATELAAN, O. Coupling urban expansion models and hydrological models: How important are spatial patterns? **Land Use Policy**, v. 27, p. 965–975, 2010.

PRIEGO, ÁNGEL G.; MORALES, HORACIO; ENRÍQUEZ, Carlos. Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma-Chapala. **Gaceta Ecológica**, v. 71, p. 11–12, 2004. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/539/53907102.pdf>>.

RANDHIR, T. O.; EKNES, P. Water quality change and habitat potential in riparian ecosystems. **Ecohydrology and hydrobiology**, v. 13, n. 3, p. 192–200, 2013.

RAO, P S C; HORNSBY, A G; JESSUP, R E. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. **Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla**, v. 44, p. 1–8, 1985.

REBELO, Rafaela Maciel; CALDAS, Eloisa Dutra. ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF AQUATIC SYSTEMS AFFECTED BY PESTICIDE USE.

**Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1199–1208, 2014. Disponível em:

<<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0100-4042.20140165>>. Acesso em: 23 maio 2017.

RIBAS, PP Priscila Pauly; MATSUMURA, Aida Terezinha Santos ATS. A química dos agrotóxicos : impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato, Novo Hamburgo**, v. 10, n. 14, p. 149–158, 2009.

RUHOFF, A. L.; FANTIN-CRUZ, I.; COLLISCHONN, W. Modelos de simulacao dinamica do desmatamento na Amazonia. **Caminhos de Geografia**, v. 11, p. 258–268, 2010.

SAITO, Nathalia Suemi et al. Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmenta????o florestal. **Floresta e Ambiente**, 2016.

SANCHÉS, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental – Conceitos e Métodos**. Oficina de ed. São Paulo: [s.n.], 2013.

SANCHES, SÉRGIO MARCOS et al. PESTICIDAS E SEUS RESPECTIVOS RISCOS ASSOCIADOS À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, 2003. Disponível em:

<<http://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/3165>>.

SANTOS, A R. **Fotointerpretação e Edição de Dados Espaciais**. Alegre: CAUFES, 2014. Disponível em:

<[http://mundogeomatica.com.br/Livros/LivroArcGIS1022Fotointepretacao\\_EdicaoDa dosEspaciaisVol2/LivroArcGISEdicaoFotointepretacao.pdf](http://mundogeomatica.com.br/Livros/LivroArcGIS1022Fotointepretacao_EdicaoDa dosEspaciaisVol2/LivroArcGISEdicaoFotointepretacao.pdf)>.

SANTOS, Alexandre Rosa dos et al. **GEOTECNOLOGIAS & ANÁLISE AMBIENTAL: APLICAÇÕES PRÁTICAS**. [S.l: s.n.], 2015. Disponível em:

<<http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/LivroGeotecAnaliseAmbiental/GeotecAnaliseAmbientalebook.pdf>>.

SANTOS, GLEISSY MARY AMARAL DINO ALVES DOS. **ESPACIALIZAÇÃO DO RISCO DE LIXIVIAÇÃO DE AGROTÓXICOS EM ÁREAS DE CAFEICULTURA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. 2017. Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SCHREIBER, F. **Volatilização de clomazone e ocorrência de agrotóxicos e hormônios esteróides na água potável e da chuva de regiões orizícolas do sul do Brasil**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2012.

SILVA, Ágatha Transfeld da;; SILVA, Samantha Transfeld da. Panorama da Agricultura Orgânica no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 23, p. 1031–1040, 2016.

SILVA, Leandro Almeida da; GHIMARÃES, EdnaldoCarvalho. Geostatistics and Exploratory Factor Analysis for Spacial. **Coffee Science, Lavras**, v. 11, n. 2, p. 195–203, 2016.

SILVA, Elaine Eluizy Ribeiro et al. ESTIMATIVA DA EROSÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE – GO A PARTIR DE ANÁLISE



ESPACIAL DE DADOS. **Estudo & Debate- UNIVATES**, v. 24, n. 3, p. 85–115, 2017. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/>>.

SILVA, Renan de Almeida et al. Geoprocessamento aplicado a análise do uso e ocupação da terra e APP de nascentes no rio indáia grande – chapadão do sul/cassilândia/inocência (ms). n. 4771, p. 1497–1508, 2012.

SOARES, Dayane Fonseca et al. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 277–284, abr. 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522017000200277&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000200277&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 23 maio 2017.

SOARES, Dayane Fonseca; , ANÍZIO MÁRCIO FARIA, André Henrique Rosa. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, p. 1–8, [s.d.]. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/esa/2016nahead/1809-4457-esa-S1413\\_41522016139118.pdf](http://www.scielo.br/pdf/esa/2016nahead/1809-4457-esa-S1413_41522016139118.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

SPADOTTO, C A; GOMES, M A F. **Perdas de agrotóxicos. EMBRAPA**. [S.l: s.n.]. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CONTAG01\\_39\\_210200792814.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_39_210200792814.html)>. Acesso em: 23 dez. 2016. , 2017

SPADOTTO, Cladio A et al. Monitoramento do risco ambiental do agrotóxicos: princípios e recomendações. **Embrapa Meio Ambiente**, v. 42, p. 29, 2004.

SPADOTTO, Cláudio A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. **Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 12, p. 69–78, 2002.

SPADOTTO, Claudio A; HORNSBY, Arthur G. Soil Sorption of Acidic Pesticides . **Journal of Environmental Quality**, v. 32, p. 949–956, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2134/jeq2003.9490>>.

STEFAN LANG; THOMAS, Blaschke. **Análise da Paisagem com SIG**. 1. ed. [S.l: s.n.], 2009.

THICIANA GUEDES CANUTO et al. Estimativa do risco potencial de contaminação por pesticidas de águas superficiais e subterrâneas do município de tianguá-ce, com aplicação do método de GOSS e índice de GUS. **Revista Águas Subterrâneas**, p. 1–20, 2010. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23083/15198>>.

THORNTHWAITE, C W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55, jan. 1948. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/210739?origin=crossref>>.

VALENTE, Eduardo Mendes de Brito ; Kaline de Mello ; Danilo Ribeiro da Costa ; Luiz Carlos de Faria e Roberta Avena. Geotecnologias aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo visando o planejamento ambiental. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 577–590, 2016.

VARJABEDIAN, ROBERTO; MECHI, Andréa. As APP DE TOPO DE MORRO E A LEI 12.651/12. 2013. Disponível em: <<https://slidex.tips/download/as-APP-de-topo-de-morro-e-a-lei-12>>.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise

dacontaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 22, p. 2391–2399, 2006.

VEIGA, Marcelo Motta et al. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 11, p. 2391–2399, nov. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2006001100013&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001100013&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 23 maio 2017.

VERGEZ, L M et al. Insights into the evolution of *Yersinia pestis* through whole-genome comparison with *Yersinia pseudotuberculosis*. v. 101, n. 38, 2004.

VISIÓN, WORLD. **Manual de Manejo de Cuencas, Módulo I-Conceptos básicos de Cuencas**. Costa Rica: [s.n.], 2014.

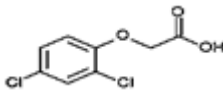
YAMAMOTO, J K; LANDIM, P M B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2013.

## APÊNDICES

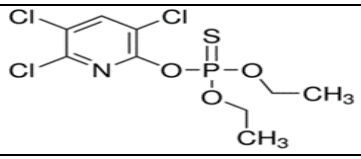
### APÊNDICE I

**APÊNDICE I.** Principais informações sobre os princípios ativos avaliados quanto ao risco de lixiviação na sub-bacia hidrográfica do rio Baunilha- Espírito Santo – Brasil

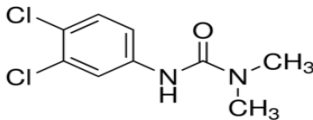
(continua)

PRINCÍPIOS ATIVO 2-4, D	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	Ácido 2,4-diclorofenoxiacético
Fórmula molecular	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Grupo químico	<u>Ácido ariloxialcanóico</u>
Classe	Herbicida
Peso molecular (g/mol)	221,04
Nome Comum	Hedonal, trinoxol
Modo de Ação	Sistêmico, seletivo, pós-emergência
Carência(dias)	30
Densidade (g/mL)	1,57
Solubilidade em água (mg/L)	24300
Solubilidade em solventes orgânicos	Solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	0,009
Koc	39,3
GUS	1,55
Inflamável	Não
Corrosivo	Sim
Estado físico	Sólido em pó branco
Classificação Toxicológica	I - Extremamente Tóxico
Classificação Ambiental	III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Trigo, milho, soja, arroz (irrigado e de sequeiro), aveia, sorgo, cana-de-açúcar, café e pastagens de Braquiária.
Pragas	Arranha-gato, buva, rabo-de-foguete, balão-rajado, plantagem, assa-peixe, cambará-açú, agriãozinho, poejinho.
Exposição humana	Doses excessivas podem afetar os sistemas digestivos, possível tóxico para fígado e rim, problemas endócrinos e efeitos androgênicos sinérgicos quando combinados com testosterona.
Mobilidade	Móvel

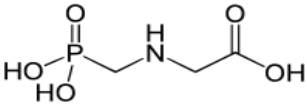
(continuação)

PRINCÍPIOS ATIVO CLORPIRIFÓS	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	O, O-dietil-O-3,5,6-tricloropiridil-2-fosforotioato
Fórmula molecular	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS
Grupo químico	Organofosforado
Classe	Acaricida, formicida e inseticida
Peso molecular (g/mol)	350,59
Nome Comum	Clorpirifós
Modo de Ação	Não sistêmica
Carência(dias)	-
Densidade (g/mL)	1,5
Solubilidade em água (mg/L)	1,05
Solubilidade em solventes orgânicos	Muito solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	1,43
Koc	5509
GUS	1,04
Inflamável	Sim
Corrosivo	Sim
Estado físico	Cristais brancos
Classificação Toxicológica	I - Extremamente Tóxico
Classificação Ambiental	II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Algodão, batata, citros, café, algodão, tomate, milho, soja
Pragas	Escala; Pulgão lanoso; Rolo de folhas; Lagartas; Lagarta do milho; Exército; Cutworms; Rootworms; Baratas Besouros de pulga; Moscas; Cupins; Formigas de fogo
Exposição humana	Altamente tóxico por ingestão. Alguns estudos indicam uma ligação entre os metabolitos do clorpirifós e as dificuldades de aprendizagem em crianças.
Mobilidade	Não móvel

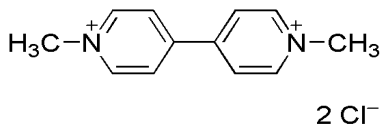
(continuação)

PRINCÍPIOS ATIVO DIURON	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	3,4-diclorofenil -1,1-dimetilureia
Fórmula molecular	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O
Grupo químico	Uréia
Classe	Herbicida
Peso molecular (g/mol)	233,1
Nome Comum	Diuron
Modo de Ação	Seletivo, sistêmico, pós-emergência, pré-emergência
Carência(dias)	30
Densidade (g/mL)	1,48
Solubilidade em água (mg/L)	35,6
Solubilidade em solventes orgânicos	Muito solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	1,15 x10 <sup>-3</sup>
Koc	680
GUS	2,43
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Pó branco
Classificação Toxicológica	III - Medianamente tóxico
Classificação Ambiental	II - Produto muito perigoso
Culturas indicadas	Frutas, legumes, algodão, cacau, café, cana-de-açúcar, citros, seringueira.
Pragas	Capim-carrapicho, capim-amargoso, caruru roxo, erva branca, guanxuma, mostarda, picão, beldroega, mentrasto, papuã, tiriricão.
Exposição humana	Irritação na pele, olhos, boca e nariz após contato direto.
Mobilidade	Pouco móvel

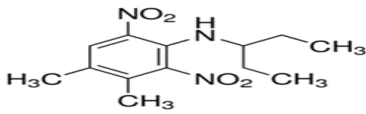
(continuação)

PRINCÍPIOS ATIVO GLIFOSATO	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	N-(fosfonometil)glicina
Fórmula molecular	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>5</sub> P
Grupo químico	Glicina substituída
Classe	Herbicida
Peso molecular (g/mol)	169.05
Nome Comum	Roundup
Modo de Ação	Sistêmico, pós emergência e não seletivo
Carência(dias)	-
Densidade (g/mL)	1,7
Solubilidade em água (mg/L)	10500
Solubilidade em solventes orgânicos	Pouco solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	0.0131
Koc	1424
GUS	-0.25
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Cristais incolores
Classificação Toxicológica	I - Extremamente Tóxico
Classificação Ambiental	III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Arroz irrigado, cana-de-açúcar, café, citros, maçã, milho, pastagens, soja, uva, eliminação de soqueira de cana-de-açúcar, trigo, pinus, eucalipto e seringueira.
Pragas	Guanxuma, trapoeraba, língua-de-vaca, maria-mole, falsa-dormideira, assa-peixe, almeirão-do-campo, capim-gengibre, tiriricão, capim-amargoso, capim-mamelada, capim-colchão, picão, beldroega, tranchagem, cravo-de-defunto.
Exposição humana	Possível atividade carcinogênica, possível toxicidade da bexiga e do fígado, pode causar sérios danos aos olhos e problemas endócrinos.
Mobilidade	Pouco móvel

(continuação)

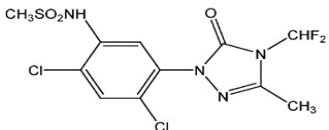
PRINCÍPIOS ATIVO PARAQUAT	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	1,1-dimetil-4,4'-bipiridínio
Fórmula molecular	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub>
Grupo químico	Bipiridílio
Classe	Herbicida
Peso molecular (g/mol)	257,16
Nome Comum	-
Modo de Ação	Pós-emergência, não seletivo de ação não sistêmica
Carência(dias)	-
Densidade (g/mL)	1,25
Solubilidade em água (mg/L)	620000
Solubilidade em solventes orgânicos	Solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	0,01
Koc	1000000
GUS	-7,40
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Sólido cristalino incolor
Classificação Toxicológica	I - Extremamente Tóxico
Classificação Ambiental	II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Banana, café, cana-de-açúcar, citros, maçã, algodão, arroz, batata, feijão, milho, trigo, soja.
Pragas	Mentrasto, caruru, picão, capim-papuã, capim-carrapicho, capim-colchão, capim-arroz, arroz-vermelho, azevém, beldroega, poaia, joá, serralha, amendoim-bravo.
Exposição humana	Irritação nos olhos e pele, potencialmente tóxico ao fígado, rim, estômago, intestino e sistema respiratório através de inalação ou ingestão.
Mobilidade	Não móvel

(continuação)

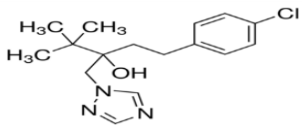
PRINCÍPIOS ATIVO PENDIMENTALINA	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	N- (1-etilpropil) -2,6-dinitro-3,4-xilidina
Fórmula molecular	C <sub>13</sub> H <sub>19</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Grupo químico	Dinitroanilina
Classe	Herbicida
Peso molecular (g/mol)	281,31
Nome Comum	Pendimentalina
Modo de Ação	Seletivo, ação sistêmica, pré-emergência e pós-emergência
Carência(dias)	-
Densidade (g/mL)	1,17
Solubilidade em água (mg/L)	0,33
Solubilidade em solventes orgânicos	Muito solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	3,34
K <sub>oc</sub>	17491
GUS	-0,32
Inflamável	Sim
Corrosivo	Não
Estado físico	Sólido cristalino amarelo alaranjado
Classificação Toxicológica	III - Medianamente Tóxico
Classificação Ambiental	II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Acácia, algodão, alho, amendoim, arroz, batata, café, cana-de-açúcar, cebola, eucalipto, feijão, fumo, milho, pinus, soja e trigo.
Pragas	Capim-colchão, capim-marmelada, capim-carrapicho, caruru, serralha, apaga-fogo, beldroega, capim-braquiária, capim-arroz, picão, caruru-gigante, capim-pé-de-galinha, mastruço, guanxuma.
Exposição humana	Nocivo quando ingerido, tóxico para o fígado e tireóide, bioacumulativo, possível carcinógeno.
Mobilidade	Não móvel



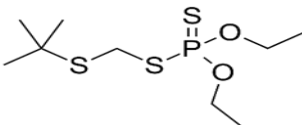
(continuação)

PRINCÍPIOS ATIVO SULFENTRAZONA	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	N - {2,4-Dicloro-5- [4- (difluorometil) -3-metil-5-oxo-4,5-di-hidro- 1H -1,2,4-triazol-1-il] fenil} metanossulfonamida
Fórmula molecular	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> N <sub>4</sub> O <sub>3</sub> S
Grupo químico	Triazolona
Classe	Herbicida
Peso molecular (g/mol)	387,190
Nome Comum	Sulfentrazone
Modo de Ação	Pré-emergente e pós-emergente, seletivo condicional, de ação sistêmica
Carência(dias)	-
Densidade (g/mL)	0,53
Solubilidade em água (mg/L)	780
Solubilidade em solventes orgânicos	Muito solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	1,30 X 10 <sup>-4</sup>
Koc	43
GUS	6,16
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Sólido de coloração castanho-clara
Classificação Toxicológica	III - Medianamente Tóxico
Classificação Ambiental	II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Abacaxi, cana-de-açúcar, fumo, soja e café.
Pragas	Capim-braquiária, beldroega, Capim-favorito, caruru, capim-marmelada, capim-carrapicho, trapoeraba, capim-pé-de-galinha, leiteiro, tiririca, corda-de-viola, poaia, erva-quente, beldroega, capim-braquiária.
Exposição humana	Irritação nos olhos, moderadamente tóxico por via oral, menos por exposição dérmica e possível toxicidade hepática e infantil.
Mobilidade	Altamente móvel

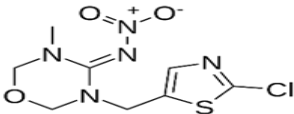
(continuação)

PRINCÍPIOS ATIVO TEBUCONAZOL	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	(RS) -1-p-clorofenil-4,4-dimetil-3- (1H -1,2,4-triazol-1- ilmetil) pentan-3-ol
Fórmula molecular	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> ClN <sub>3</sub> O
Grupo químico	Triazol
Classe	Fungicida
Peso molecular (g/mol)	307,82
Nome Comum	Tebuconazol
Modo de Ação	Sistêmico com ação protetora, curativa e erradicante
Carência(dias)	1,25
Densidade (g/mL)	36
Solubilidade em água (mg/L)	Muito solúvel
Solubilidade em solventes orgânicos	1,30 X 10 <sup>-3</sup>
Pressão de vapor 20°C (Pa)	1,25
Koc	43
GUS	2,85
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Cristais incolores
Classificação Toxicológica	III - Medianamente Tóxico
Classificação Ambiental	III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Alho, aveia, batata, cebola, cevada, soja, café, trigo, arroz, feijão, algodão.
Pragas	Brusone, mancha-foliar, mancha-parda, ferrugem, ferrugem-do-cafeeiro, mancha-das-folhas, helmintosporiose, fusariose, giberela, oídio, septoriose, cercosporiose, ramulose.
Exposição humana	Irritação nos olhos, alvos são fígado e sistema sanguíneo em caso de ingestão, possível carcinógeno.
Mobilidade	Pouco móvel

(continuação)

PRINCÍPIOS ATIVO TERBUFÓS	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	S - O -terc-butiltiometil O, O - dietilfosforoditioato
Fórmula molecular	C <sub>9</sub> H <sub>21</sub> O <sub>2</sub> PS <sub>3</sub>
Grupo químico	Organofosforado
Classe	Inseticida, nematicida
Peso molecular (g/mol)	288.42
Nome Comum	Terbufós
Modo de Ação	Sistêmico
Carência(dias)	-
Densidade (g/mL)	1,11
Solubilidade em água (mg/L)	4,5
Solubilidade em solventes orgânicos	Muito solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	34,6
Koc	500
GUS	0,81
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Líquido amarelo pálido
Classificação Toxicológica	I - Extremamente Tóxico
Classificação Ambiental	II - Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Algodão, amendoim, banana, café, cana-de-açúcar, feijão, milho.
Pragas	Nematóide-reniforme, percevejo, pulgão-do-algodoeiro, tripés, nematóide-carvenícola, bicho-mineiro, cigarra, cupim, nematoide, mosca-branca, vaquinha-verde-amarela, lagarta.
Exposição humana	Irritação nos olhos e pele, neurotóxico, em caso de ingestão ou exposição prolongada causa problemas cardiovasculares e cardiorrespiratórios.
Mobilidade	Pouco móvel

(conclusão)

PRINCÍPIOS ATIVO TIAMETOXAN	
Fórmula estrutural	
Nomenclatura IUPAC	(EZ)-3-(2-cloro-1,3-triazol-5-ilmetil) -5-metil-1,3,5-oxadiazina-4-ilideno(nitro)amina
Fórmula molecular	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> ClN <sub>5</sub> O <sub>3</sub> S
Grupo químico	Neonicotinóide
Classe	Inseticida
Peso molecular (g/mol)	291,71
Nome Comum	Tiametoxan
Modo de Ação	Sistêmico
Carência(dias)	
Densidade (g/mL)	1,57
Solubilidade em água (mg/L)	4100
Solubilidade em solventes orgânicos	Solúvel
Pressão de vapor 20°C (Pa)	6,60 x 10 <sup>-6</sup>
K <sub>oc</sub>	56,2
GUS	4,69
Inflamável	Não
Corrosivo	Não
Estado físico	Pó cristalino
Classificação Toxicológica	III - Medianamente Tóxico
Classificação Ambiental	III - Produto Perigoso ao Meio Ambiente
Culturas indicadas	Abacaxi, algodão, batata, abobrinha, alface, amendoim, café, arroz, cana-de-açúcar, citros, ervilha, eucalipto, feijão, fumo, melancia, melão, trigo.
Pragas	Cochonilha-do-abacaxi, cupim-de-monte, mosca-branca, pulgão-do-açgodoeiro, pulgão-verde, tripés, percevejo, larva, vaquinha-verde-amarela, bicho-mineiro, cigarra, cochonilha-da-raiz, vespa.
Exposição humana	Aumento da incidência de adenoma de células do fígado e adenocarcinoma.
Mobilidade	Móvel

Fonte: AGROFIT, ( 2019); IDAF, (2019); ADAPAR, ( 2019); PPDB (2019); AGROLINK (2019);(IUPAC, 2018).

## APÊNDICE II

**APÊNDICE II.** Quadro com manchetes de notícias vinculadas na internet sobre agroquímicos no Brasil.

(continua)

	<p>Brasil bate recorde em registro de <b>agrotóxicos</b>: 52 são para produtos ...  <b>Gazeta do Povo</b> - 10 de jan de 2019          Com 450 defensivos agrícolas, país aumentou em 10% o número de produtos registrados em 2018. Número é o dobro do número de registros ...</p>
	<p><b>Agrotóxicos</b> proibidos na Europa são campeões de vendas no Brasil  <b>EXAME.com</b> - 15 de dez de 2018          São Paulo — <b>Agrotóxicos</b> associados a casos de câncer, danos genéticos e suicídios estão presentes em alimentos cotidianos do brasileiro, ...</p>
	<p>Intoxicação leva produtores do ES a descobrirem qualidade de vida ...  <b>G1</b> - 19 de out de 2018          Todas as embalagens de <b>agrotóxicos</b> e os remédios que já existiam na casa ... Com isso, além do <b>café</b>, eles começaram a comercializar frutas, ...</p>
	<p>Contaminação recorde por <b>agrotóxicos</b> no Paraná atinge mais de 50 ...  <b>Repórter Brasil</b> - 10 de dez de 2018          Quase cem pessoas foram intoxicadas no início de novembro no município de Espigão Alto do Iguaçu com Paraquate, um <b>agrotóxico</b> que está ...</p>
	<p>Uso do <b>agrotóxico</b> Glifosato é liberado pela Justiça  <b>Brasil de Fato</b> - 5 de set de 2018          Para Alan Tygel, da coordenação nacional da Campanha Permanente Contra os <b>Agrotóxicos</b> e Pela Vida, a queda da liminar representa um ...</p>



### Decisão inédita da Justiça americana reforça cruzada contra gigante ...

Jornal O Globo - 14 de ago de 2018

No Brasil, dados sobre o mercado de **agrotóxicos** variam de acordo com ... No **café**, o limite de glifosato permitido é dez vezes maior no Brasil ...

<https://oglobo.globo.com/sociedade/saude/decisao-inedita-da-justica-americana-reforca-cruzada-contra-gigante-dos-agrotoxicos-22975585>



### 26 mil brasileiros foram intoxicados por **agrotóxicos** desde 2007

UOL - 6 de ago de 2018

Cerca de 40 mil pessoas foram atendidas no sistema de saúde brasileiro após serem expostas a **agrotóxicos** desde 2007, segundo ...

26 mil é o número de brasileiros com intoxicação por **agrotóxicos** nos ...

Hypeness (Blogue) - 7 de ago de 2018

<https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/08/06/numeros-da-intoxicacao-por-agrotoxico-no-brasil.htm>

Fonte: GOOGLE, (2019) Disponível em <https://www.google.com>